



TREBALL FINAL DE MÀSTER



ESCOLA
POLITÈCNICA SUPERIOR
UNIVERSITAT DE LLEIDA
INSPIRING THE FUTURE

Estudiant: **Mario Quijada Galán**

Titulació: Màster en Enginyeria Industrial

Títol de Treball Final de Màster: Implantación de Lean Manufacturing en la fabricación de conductores.

Director/a: Natalia Aldaz Ibáñez

Presentació

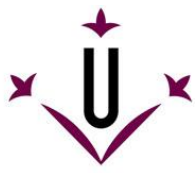
Mes: Setembre

Any: 2019

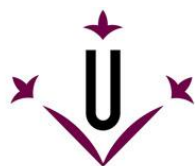
Agradecimientos,

A los Quijada Galán por ser mi familia del alma, apoyarme en mis momentos de debilidad y disfrutar conmigo mis momentos de gloria. A mi pareja Sara Miguel Roncero por la paciencia que ha demostrado durante todas las horas que no hemos podido compartir, su soporte incondicional, ánimos cuando las fuerzas flojeaban y por hacer de este, un mundo mejor. A Natalia Aldaz, mi tutora, por su colaboración, total disponibilidad durante estos meses y por ayudarme con las dudas existentes durante el desarrollo del proyecto. Por último, también agradecer el apoyo de amigos, compañeros de universidad y profesores.

Sin todos vosotros la redacción de este proyecto difícilmente hubiera sido posible.

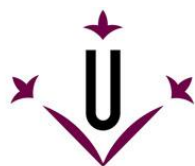


0. ÍNDICE GENERAL

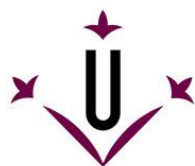


0.ÍNDICE GENERAL

0.	ÍNDICE GENERAL	3
1.	MEMORIA	8
1.1.	Definición del estudio	11
1.1.1.	Introducción	11
1.1.2.	Objeto	11
1.1.3.	Alcance	12
1.1.4.	Justificación	13
1.1.5.	Especificaciones básicas	14
1.1.6.	Antecedentes	14
1.2.	Descripción de la empresa y su entorno	15
1.2.1.	Descripción de la empresa	15
1.2.2.	Actividad	16
1.2.3.	Historia de la empresa	17
1.2.4.	Organigrama	19
1.2.5.	Productos	19
1.2.6.	Proceso productivo	20
1.2.7.	Maquinaria	21
1.2.8.	Análisis del entorno	22
1.2.9.	Análisis <i>DAFO</i>	25
1.3.	Marco teórico – referencial	27
1.3.1.	Principios tradicionales de la manufactura	27
1.3.2.	Introducción al <i>Lean Manufacturing</i>	29
1.3.3.	Definición de <i>Lean Manufacturing</i>	29
1.3.4.	Proceso de transformación <i>Lean</i> . Principios <i>Lean</i>	31
1.4.	Definición del caso de estudio	49
1.4.1.	Proceso fabricación cable eléctrico	50
1.5.	Análisis y diagnóstico de la situación de partida	56
1.5.1.	Introducción al problema	56
1.5.2.	Selección de la familia de productos y objetivos	56

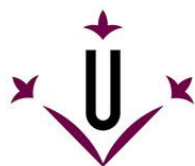


1.6.	Proceso de transformación.....	58
1.6.1.	Desarrollo del <i>Value Stream Mapping</i> del estado actual.....	58
1.6.2.	Medición de indicadores.....	67
1.6.3.	Identificar los problemas del sistema productivo.....	70
1.6.4.	Seleccionar las técnicas de mejora.	78
1.6.5.	Desarrollo del <i>Value stream mapping</i> del estado futuro.	81
1.7.	Planificación	86
1.8.	Presupuesto	86
1.9.	Impacto medioambiental.....	87
1.10.	Conclusiones	88
1.11.	Bibliografía	89
2.	ANEJOS	90
2.1.	Anejo 1. <i>Value Stream Mapping</i>	92
2.2.	Anejo 2. Técnica <i>SMED</i>	97
2.3.	Anejo 3. Técnica <i>JIT</i>	98
2.4.	Anejo 4. Técnica <i>POKA-YOKE</i>	100
2.5.	Anejo 5. Técnica <i>ANDON</i> (INDICADOR VISUAL).....	101
2.6.	Anejo 6. Técnica <i>KAIZEN</i>	103
2.7.	Anejo 7. Procedimiento de desbaste del Cu y Al	104
2.8.	Anejo 8. Procedimiento de trefilado fino del Cu	108
2.9.	Anejo 9. Procedimiento de buncheado y cableado	112
2.10.	Anejo 10. Procedimiento de extrusión.....	114
2.11.	Anejo 11. Procedimiento de empaquetado.	123



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis DAFO	26
Tabla 2. Conceptos y herramientas <i>Lean</i>	30
Tabla 3. Formación secciones normalizadas	51
Tabla 4. Código de cable en función de la sección y color del aislamiento.....	56
Tabla 5. Project Charter.....	57
Tabla 6. Tiempo de ciclo para cada estación.....	63
Tabla 7. Indicadores de gestión del proceso.....	69
Tabla 8. Efectos negativos del inventario de materia.....	70
Tabla 9. Problemas en la sección de trefilado.	70
Tabla 10. Problemas en la sección de bunchers.	71
Tabla 11. Problemas en la sección de extrusión.....	71
Tabla 12. Problemas en la sección de empaquetado.	71
Tabla 13. Problemas del proceso general.	72
Tabla 14. Clasificación de los problemas encontrados.....	74
Tabla 15. Clasificación e identificación de desperdicios.	76
Tabla 16. Clasificación problemas según su naturaleza y el desperdicio vinculado.....	78
Tabla 17. Tipos de desperdicios y como eliminarlos.	79
Tabla 18. Técnicas <i>Lean</i> para la eliminación de desperdicios.	81
Tabla 19. Resumen de la secciones finales.....	84
Tabla 20. Comparativa capacidades productivas (Implantación de <i>Lean</i>).....	84
Tabla 21. Costes totales de la implementación del proyecto.....	86
Tabla 22. Símbolos o iconos <i>Value Stream Mapping</i>	96
Tabla 23. Tipos de dispositivos contacto / sin contacto para la prevención de errores.....	101

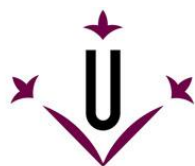


ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Situación actual 5S en la sección de extrusión	15
Imagen 2. Distribución de las empresas del grupo	18
Imagen 3. Organigrama general del grupo Top Electric	19
Imagen 4. Cable resistente al fuego LSHF (Low Smoke Halogen Free)	20
Imagen 5. Cables para instalaciones de tratamientos de aguas	20
Imagen 6. Trefiladora	21
Imagen 7. Buncher de cuerda	21
Imagen 8. Extrusora.....	21
Imagen 9. Enrolladora	22
Imagen 10. Encajadora	22
Imagen 11. Las 5 fuerzas de Porter	23
Imagen 12. Flujo en <i>supermercados</i>	46
Imagen 13. <i>Supermercado</i> con línea <i>FIFO</i>	47
Imagen 14. Jumbo	50
Imagen 15. Trefiladoras.....	50
Imagen 16. Cable unipolar	51
Imagen 17. Proceso de extrusión de aislamiento o cubierta.....	52
Imagen 18. Cable multipolar	53
Imagen 19. Diagrama de proceso	54
Imagen 20. Diagrama de flujo proceso productivo Tri-rated.	55
Imagen 21. Iconos de cliente, proveedor y control de producción.....	58
Imagen 22. Colocación de la demanda, requerimientos y trabajo.....	59
Imagen 23. Representación de las entregas de los proveedores y de la empresa a los clientes.	60
Imagen 24. Colocación de los iconos de proceso e información.....	61
Imagen 25. Medidas de los procesos.	65
Imagen 26. Iconos de inventario, empuje, línea de tiempo y cálculo.	67
Imagen 27. Capacidades productivas de cada estación	68
Imagen 28. Cálculo de utilización del personal.....	68
Imagen 29. Resultado comparativo de la mejora de las células.	84
Imagen 30. Value Stream Mapping estado final.	85
Imagen 31. Estructura del dibujo de un mapa de cadena de valores "estado actual"	93
Imagen 32. Estructura del dibujo de un mapa de cadena de valores "estado futuro"	94
Imagen 33. Fases para la reducción del cambio de modelo.	98
Imagen 34. Funcionamiento del sistema <i>JIT</i>	99
Imagen 35. Ejemplo de aplicación de panel Andon.	102
Imagen 36. Ejemplo de Panel Andon.	102
Imagen 37. Encarretado de las bobinas.	113
Imagen 38. Zonas husillo extrusora.....	117

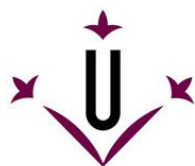


1. MEMORIA

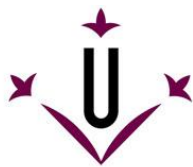


ÍNDICE MEMORIA

1. MEMORIA.....	8
1.1. Definición del estudio	11
1.1.1. Introducción.....	11
1.1.2. Objeto	11
1.1.3. Alcance	12
1.1.4. Justificación	13
1.1.5. Especificaciones básicas.....	14
1.1.6. Antecedentes.....	14
1.2. Descripción de la empresa y su entorno	15
1.2.1. Descripción de la empresa.....	15
1.2.2. Actividad	16
1.2.3. Historia de la empresa	17
1.2.4. Organigrama	19
1.2.5. Productos	19
1.2.6. Proceso productivo	20
1.2.7. Maquinaria.....	21
1.2.8. Análisis del entorno	22
1.2.9. Análisis <i>DAFO</i>	25
1.3. Marco teórico – referencial.....	27
1.3.1. Principios tradicionales de la manufactura.....	27
1.3.2. Introducción al <i>Lean Manufacturing</i>	29
1.3.3. Definición de <i>Lean Manufacturing</i>	29
1.3.4. Proceso de transformación <i>Lean</i> . Principios <i>Lean</i>	31
1.4. Definición del caso de estudio	49
1.4.1. Proceso fabricación cable eléctrico	50
1.5. Análisis y diagnóstico de la situación de partida.....	56
1.5.1. Introducción al problema.....	56
1.5.2. Selección de la familia de productos y objetivos	56
1.6. Proceso de transformación.....	58



1.6.1.	Desarrollo del <i>Value Stream Mapping</i> del estado actual.....	58
1.6.2.	Medición de indicadores.....	67
1.6.3.	Identificar los problemas del sistema productivo.	70
1.6.4.	Seleccionar las técnicas de mejora.	78
1.6.5.	Desarrollo del <i>Value Stream Mapping</i> del estado futuro.	81
1.7.	Planificación	86
1.8.	Presupuesto	86
1.9.	Impacto medioambiental.....	87
1.10.	Conclusiones	88
1.11.	Bibliografía	89



1.MEMORIA

1.1. Definición del estudio

1.1.1. Introducción

La finalidad del proyecto es la aplicación de herramientas y técnicas propias del *Lean Manufacturing* en la empresa BELLPUIG CABLES, una PIME de fabricación de conductores de baja y media tensión perteneciente al grupo TOP ELECRIC.

El autor del proyecto, como jefe de producción y responsable de la planificación de planta, recibe el encargo por parte de la Dirección de planta para empezar a aplicar estas técnicas con la finalidad de conseguir beneficios en el sistema de producción, dejando a criterio del autor la selección de las técnicas y áreas de la empresa donde se implantarán.

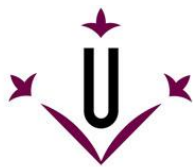
Por este motivo se empieza aplicando la técnica del *Mapa del Flujo de Valor (Value Stream Mapping)* que permite identificar las actividades que no agregan valor al proceso con su correspondiente tiempo asociado y detectar las oportunidades de mejora para posteriormente, aplicar las técnicas de *Lean Manufacturing* que permitan solucionarlas.

1.1.2. Objeto

El objetivo principal del proyecto es identificar, a partir del análisis de la situación actual en una empresa dedicada a la fabricación de conductores de baja y media tensión, que herramientas/técnicas de mejora (*Lean Manufacturing*) resultarían ser más adecuadas para optimizar la eficiencia de la empresa y para cada una de ellas, desarrollar su implantación.

La Dirección de planta de BELLPUIG CABLES, incluye dentro del Plan Estratégico 2017-2020 la introducción de técnicas de *Lean Manufacturing* en el proceso de fabricación, con el fin de conseguir las diferentes ventajas que un entorno *Lean* otorga a las empresas que aplican sus técnicas. Esta voluntad es planteada por la Dirección de planta al autor del proyecto en diferentes reuniones referentes a la definición y logro de los objetivos que tienen que guiar las acciones del Departamento de Producción de la empresa y que son los objetivos finales del presente estudio:

- Identificar y eliminar cuellos de botella en el actual proceso productivo.
- Mejorar el flujo de materiales reduciendo el *lead time* y el stock de materias primas y producto en curso.



- Aplicar técnicas *Lean Manufacturing* para mejorar la competitividad de la empresa TOP ELECTRIC.
- Poner el foco en la familia Tri-rated, concretamente en la sección de 10mm², debido al aumento de demanda de este conductor originado por el crecimiento de las instalaciones solares fotovoltaicas.

De acuerdo con estos objetivos, el autor plantea a la Dirección de planta la aplicación del *Value Stream Mapping*, ya que considera que es el mejor punto de partida para pasar de un entorno de fabricación tradicional a un entorno *Lean Manufacturing* y responde perfectamente a los objetivos fijados.

A partir de los resultados obtenidos del *Value Stream Mapping*, se planteará la aplicación de las técnicas *Lean* que se consideren oportunas y se desarrollará en detalle su implementación, incluyendo los aspectos técnicos, formativos y económicos.

1.1.3. Alcance

Todo y que el objetivo final de la Dirección de planta es la aplicación de técnicas *Lean* en todas sus áreas productivas, este estudio se centra en la familia de cables Tri-rated y concretamente en el conductor de sección 10mm², que constituye actualmente una innovación y crecimiento, representando uno de los ejes estratégicos de la empresa. Por este motivo y debido también al amplio catálogo de diferentes tipos de conductores que ofrece la empresa, la mayor parte del presente proyecto hará referencia a este conductor concreto y a sus procesos de producción. No obstante, luego se podrán extrapolar las consideraciones y mejoras realizadas al resto de familias y procesos el día que a la empresa le interese.

El alcance del presente estudio puede incluir aspectos administrativos como los relacionados con la gestión de pedidos y compras en el caso que se considere necesario.

Una vez identificadas las opciones de mejora se evaluará el coste económico que supondría implantarlas y el beneficio que supondría para la empresa a nivel productivo y organizativo, no obstante, la implementación de dichas mejoras quedará a disposición de la Dirección de planta.

No se contempla la legislación laboral, ya que la empresa ya cumple con ella y no entra dentro del estudio de este proyecto considerarla, del mismo modo, queda fuera del alcance del proyecto los aspectos relacionados con la modificación de las condiciones fijadas por los clientes, como pueden ser la limitación de su demanda o la modificación del diseño de los productos para facilitar su fabricación por parte de la empresa.

Resumiendo, el estudio se centrará en cinco aspectos básicos:



- Control: Creación de estándares para los procesos de ajuste de maquinarias y equipos.
- Creación de mantenimientos autónomos: Lograr o alcanzar que las maquinarias estén siempre en óptimo estado.
- Distribución: Creación de “check-list” 5S’s para que se realicen auditorías semanales de cada proceso y sus alrededores. De esta manera el espacio de trabajo se mantendrá limpio y organizado.
- Tecnología: Evaluación de las maquinarias y equipos para localizar alguna necesidad de innovación para la mejora del proceso. Esto permitirá ejecutar las innovaciones tecnológicas que se encuentren dentro de las posibilidades financieras de la empresa.
- Proceso: Revisión general de cada uno de los procesos de producción para así aplicar las mejores prácticas posibles.

1.1.4. Justificación

Los motivos que justifican la realización del presente proyecto proceden de dos fuentes de diferente naturaleza. Por un lado, la mejora de la competitividad es una necesidad creciente para cualquier empresa, independientemente del sector en el que actúe, y las técnicas derivadas de la producción siguiendo los principios del *Lean Manufacturing* han demostrado su eficacia en multitud de casos bien documentados.

El mercado actual fuerza a que las empresas sean cada vez más eficientes para lograr mantenerse en un entorno cada vez más exigente. La crisis económica que empezó en el año 2008 no hizo más que agravar esta situación, ya que el descenso de la demanda provoca un esfuerzo general para mantener los costes bajos y los principios *Lean Manufacturing* se centran en la creación de un mayor valor para el cliente mediante la eliminación de las actividades que se consideran desperdicios.

El abanico de técnicas derivadas del *Lean Manufacturing* es amplio, y por lo tanto, es necesaria una selección y planificación previa de las técnicas que resultan más convenientes aplicar. Es en este sentido que la realización del *Value Stream Mapping* resulta útil, ya que es una técnica creada para facilitar la identificación de los cuellos de botella en el proceso productivo y las oportunidades de mejora, que en muchos casos se pueden resolver mediante la aplicación de una o más técnicas *Lean*.

Por otro lado, este proyecto nace de la motivación de poder aplicar los conocimientos adquiridos durante la etapa universitaria al ámbito industrial y poder así, comprobar su utilidad y beneficio. Para ello, se realiza sobre una empresa de la cual, tras años siendo empleado, se conocen las virtudes y carencias de su sistema productivo.



De este modo, siendo conocedor del entorno productivo de la empresa, se buscará aplicar técnicas de mejora en el ámbito de la organización industrial, aprendidas en diversas asignaturas del grado y máster.

Por último, compaginar la realización del máster y este proyecto, con la vida laboral y personal, supone un reto de ambición y superación que permitirá un enriquecimiento a nivel personal.

1.1.5. Especificaciones básicas

El estudio y aplicación de mejoras se realizará sobre los procesos que intervienen en la producción de la familia de cables Tri-rated, concretamente en el conductor de sección 10mm², por decisión del autor y con la aprobación de la dirección de planta.

La empresa ya dispone de un registro del tiempo que tarda el responsable de proceso en realizar las diferentes actividades, por lo que se trabajará sobre estos tiempos.

No se dispone de presupuestos para la adquisición de nueva maquinaria, pero si se permite la reubicación de la ya existente en caso de ser necesario.

Del mismo modo que la empresa no se plantea la adquisición de nueva maquinaria, tampoco se plantea la ampliación de la plantilla de forma permanente. Si se permite la reasignación de tareas y obligaciones de los responsables de proceso en caso de considerarse oportuno.

Por razones de confidencialidad, los datos que se presentan en el presente estudio, incluyendo el nombre de la empresa y las características de los productos, han sido modificadas pero el autor ha intentado mantener en todo momento la correspondencia con la situación real y la coherencia con las tareas que ha realizado realmente en la empresa.

1.1.6. Antecedentes

Existen antecedentes de procesos de mejora en la empresa, estos se contemplan semanalmente en los informes de producción que se llevan a cabo, pero únicamente se limitan a la valoración de inversiones en nueva maquinaria, dejando de lado la aplicación de técnicas de mejora de la producción tales como, *SMED*, *KANBAN*, *5S*, etc.

Se dispone también de planos de planta actuales que se deberán actualizar si finalmente se propone una reubicación de maquinaria o incluso eliminación de esta.

En cuanto al estado actual de los procesos que intervienen en la producción, no están optimizados ni cumplen con los indicadores de producción y calidad estipulados por dirección. Un ejemplo es el orden y limpieza, mostrado en la Imagen 1, de uno de los bancos de trabajo de la sección de extrusión, donde se puede comprobar que es necesaria la aplicación de técnicas *Lean Manufacturing* para corregir dicho problema.

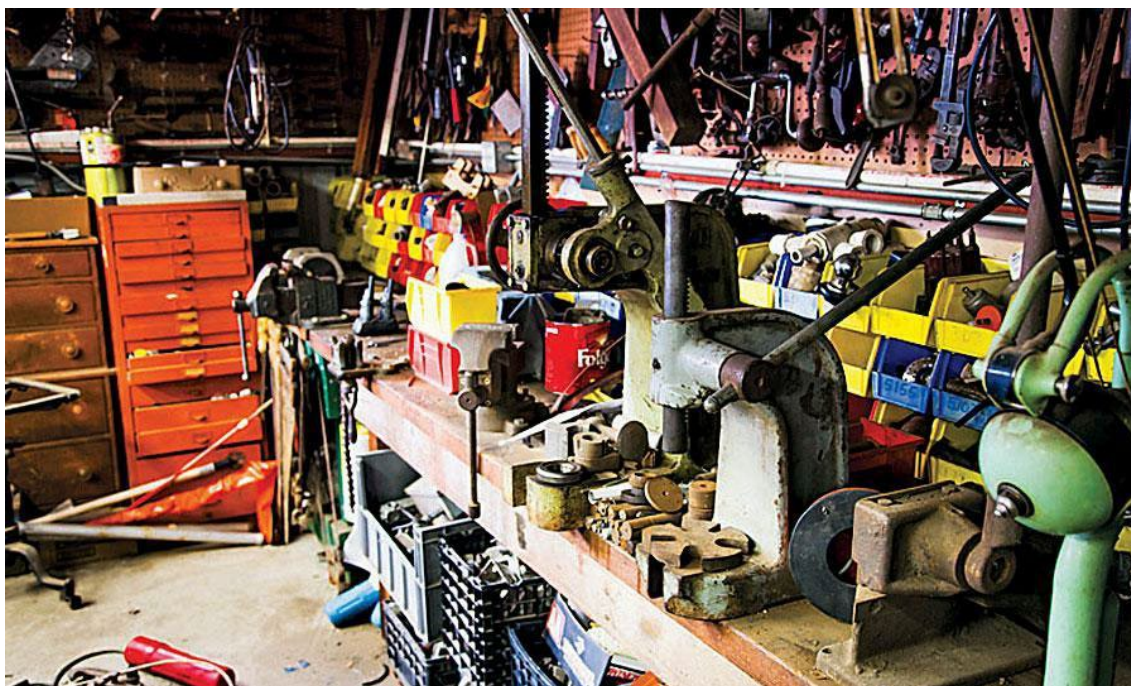


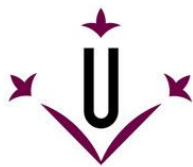
Imagen 1. Situación actual 5S en la sección de extrusión

1.2. Descripción de la empresa y su entorno

1.2.1. Descripción de la empresa

BELLPUIG CABLES es una empresa dedicada a la fabricación de conductores eléctricos de baja y media tensión y pertenece al grupo empresarial TOP ELECTRIC.

Con más de 30 años de experiencia y un fuerte posicionamiento en los sectores del mercado de alta tecnología, TOP ELECTRIC está en activo en el desarrollo, diseño, producción y aprovisionamiento de una amplia gama de cables. Es un grupo líder en España y a nivel europeo. Solo en el territorio español tiene repartidas 4 plantas industriales en Cataluña, 8 delegaciones comerciales por todo el territorio y 4 almacenes reguladores también repartidos por la península. Todo y eso, la presencia internacional de esta empresa es extensa, contando con plantas logísticas y centros de I+D+I por



diferentes países alrededor del mundo (Reino Unido, Singapur, India, Portugal, Francia, etc.).

La planta productiva de BELLPUIG CABLES, objeto del presente proyecto, fue fundada el año 1991 y sus instalaciones se localizan en la población de Bellpuig, comarca del Pla de Urgell.

Actualmente cuenta con una plantilla de 92 trabajadores y una facturación que se sitúa alrededor de los 30 M€/año. La empresa tiene tres clientes a los que les suministra conductor desnudo, que son el resto de empresas del grupo ya que estos centros no disponen de la maquinaria necesaria para su generación y el cable eléctrico producido es vendido a la empresa comercializadora del grupo, TOP ELECTRIC, encargada del almacenaje, comercialización y distribución.

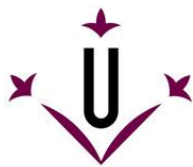
El presente estudio se centra en la producción del conductor Tri-rated de 10mm² de sección, teniendo que considerar todos los departamentos que intervienen en el proceso productivo: trefilado, cuerda, aislamiento y empaquetado. La distribución en planta está organizada respetando un área identificada para los conjuntos de máquinas que conforman los departamentos. Cada departamento cuenta con un responsable de sección, un encargado y los responsables de proceso en función de la cantidad de líneas productivas que tenga.

La empresa trabaja 48 semanas al año, en tres turnos rotativos de 8 horas de lunes a viernes. Todos los aspectos laborales se rigen por el convenio colectivo del metal de la provincia de Lleida.

BELLPUIG CABLES cuenta con una amplia cartera de productos estándares que permite su fabricación sobre catálogo trabajando así contra stock, todo y que puntualmente también se fabrica cable eléctrico con algunas modificaciones (color, marcaje, etc.) personalizadas por clientes concretos. No obstante, el presente proyecto se centrará en la fabricación contra pedido al tratarse de un cable cuya demanda se ha visto incrementada considerablemente a raíz del crecimiento de las instalaciones solares fotovoltaicas. Este aspecto dificulta el crear un stock de seguridad por las altas exigencias de entregas y la empresa ha decidido derivar un conjunto de máquinas a la producción de este conductor, bajo pedido de cliente.

1.2.2. Actividad

La empresa TOP ELECTRIC fabrica y comercializa conductores eléctricos de baja y media tensión. Parte de una iniciativa privada familiar y nacional con una gran experiencia adquirida en el sector previa al arranque de esta singladura.



Es responsable de la comercialización y distribución de cables eléctricos encargándose del almacenaje, venta y distribución de los productos fabricados.

Cuenta con cuatro centros productivos que se responsabilizan de la fabricación de cables eléctricos, dos ellos centrados en cables de baja tensión y otros dos centrados en la gama de media tensión.

1.2.3. Historia de la empresa

En el año 1987 la empresa comienza su actividad con la inauguración de la primera planta de producción de la compañía, la empresa ELCA CABLES (EC).

Tres años después, la rápida expansión de la empresa en el mercado obliga a ampliar la capacidad de producción de la planta. Esta decisión va acompañada de una sólida estrategia de expansión comercial a nivel estatal. Se crea el segundo centro productivo en Cataluña, la empresa BELLPUIG CABLES (BC) y la comercializadora TOP ELECTRIC (TC), encargada del almacenaje, venta y distribución del producto acabado.

Durante estos primeros años de actividad se asientan las bases de la que será la filosofía de la compañía: la calidad y la mejora sostenida. Se confirma la vocación internacional con la creación de un departamento de exportación.

En 1997 se consolida, a nivel nacional, como una de las tres empresas más grandes del sector en España, preparada para competir con compañías de dimensión internacional que operan en este mercado. Durante este año se comienza la construcción de una nueva planta, AXAN CABLES (AC), que termina inaugurándose tras un año de construcción.

Después de cuatro años las necesidades de producción hacen que se produzcan nuevas ampliaciones, como la creación de un centro logístico de almacenaje de 20.000 m².

En 2003 se amplía la capacidad del centro logístico, instalando dos líneas de silos automáticos para almacenar 1.700 bobinas. Tras dos años se vuelve a ampliar la capacidad del centro logístico, instalando dos líneas más de silos automáticos y dos estaciones de corte.

Un año después, 2004, se aumenta la capacidad de preparación y almacenaje de producto paletizado con la instalación de una línea de silo automático de palés convirtiéndose así en el centro logístico Europeo automatizado del grupo.

Durante el paso de los años y con la aparición de la crisis en 2008, coincidiendo con la recesión económica en España y Cataluña, el grupo debe buscar otras oportunidades de negocio para garantizar su supervivencia. Se prosigue con la diversificación de mercados,

tanto en localización como en tipología de clientes y se desarrollan nuevas líneas de negocio dirigidas hacia sectores industriales (naval, eólico, fotovoltaico, etc.).

Finalmente, se completan las certificaciones en los sectores navales y fotovoltaicos y se sigue trabajando en el desarrollo de las líneas de negocio eólico y ferroviario, completadas posteriormente.

En el año 2015 se amplía la capacidad productiva del grupo adquiriendo mediante concurso de acreedores la empresa ICOTEL CABLES (IC).

A continuación, en la Imagen 2, se muestra un esquema de la relación entre las diferentes empresas que conforman el grupo TOP ELECTRIC.

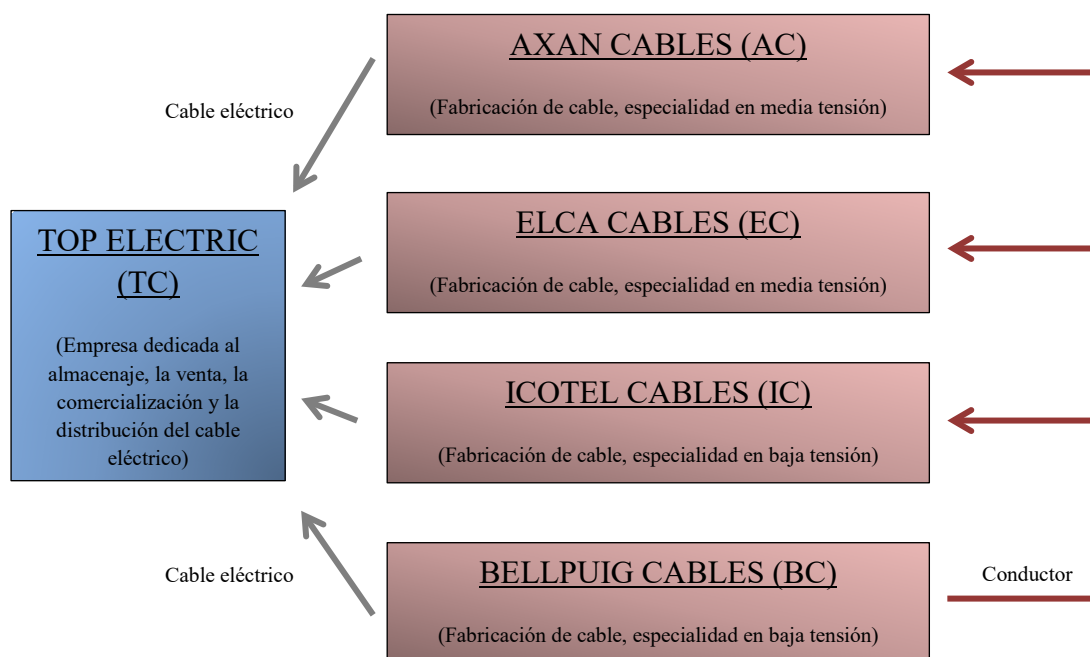


Imagen 2. Distribución de las empresas del grupo

1.2.4. Organigrama

En la Imagen 3 se representa el organigrama general del grupo TOP-ELECTRIC.

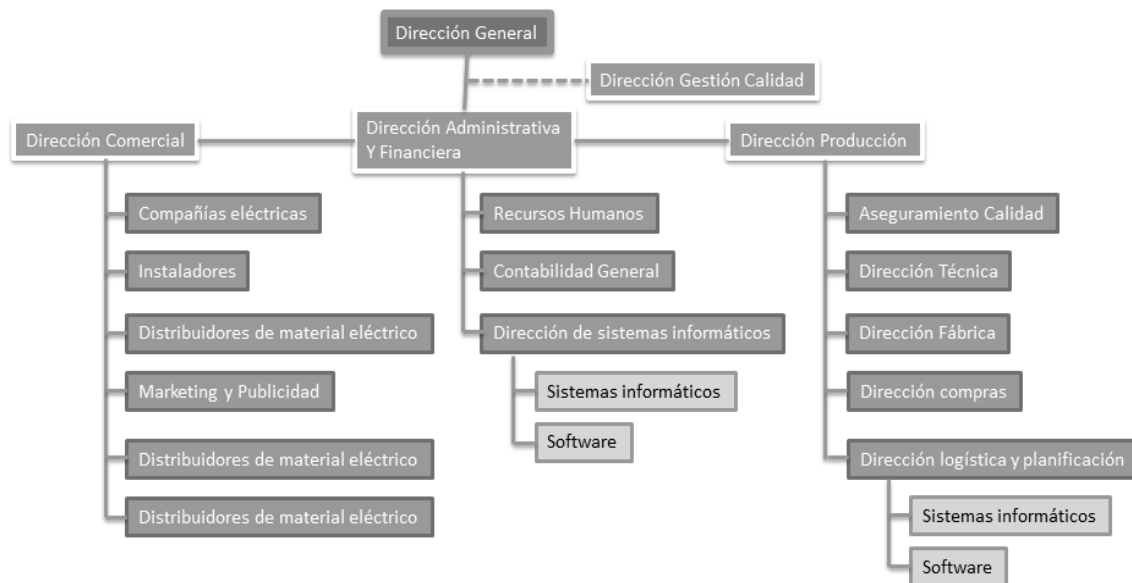


Imagen 3. Organigrama general del grupo Top Electric

1.2.5. Productos

El conjunto de empresas del grupo TOP ELECTRIC se dedican a la fabricación de cables de baja y media tensión. “AC” y “EC” fabrican cable de media tensión, usando conductores de aluminio, no obstante, en ELCA también fabrican cable de baja tensión para instalaciones más especializadas, como pueden ser cables marinos para instalaciones petrolíferas, cables para control numéricos, uso ferroviario, instalaciones mineras, etc., mientras que “BC” y “IC” se dedican a la fabricación de cables de baja tensión generalmente para instalaciones domésticas.

A continuación, se muestran los grupos de cables fabricados más importantes:

- Cable industrial para control.
- Cable industrial para grúas.
- Cable industrial para soldadura.
- Cable industrial VFD/EMC (centrales petrolíferas e instalaciones mineras).
- Cable industrial para transferencia de datos.
- Cable de media tensión.
- Cable para parques eólicos.

- Cable solar.
- Cable resistente al fuego LSHF (Low Smoke Halogen Free), Imagen 4.
- Cable para instalaciones marinas.
- Cables para instalaciones de tratamientos de aguas, Imagen 5.
- Cable para instalaciones de paneles eléctricos.
- Cable para servicios móviles o herramientas de máquinas.

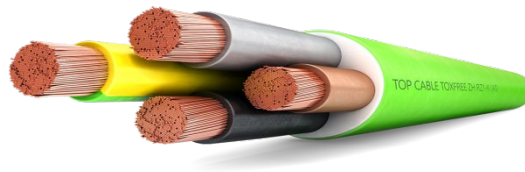


Imagen 4. Cable resistente al fuego LSHF (Low Smoke Halogen Free)

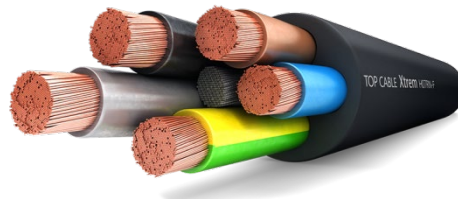


Imagen 5. Cables para instalaciones de tratamientos de aguas

1.2.6. Proceso productivo

La planta de producción de BELLPUIG CABLES, se dedica exclusivamente a la producción de cables aislados de baja tensión, mangueras de baja tensión y conductor desnudo de secciones normalizadas para proveer al resto de plantas del grupo.

Básicamente los cables producidos en Bellpuig utilizan como materia prima el cobre, no obstante, con el actual crecimiento del sector fotovoltaico, la utilización del cobre estañado como materia prima está creciendo y se prevé que sea una de las oportunidades de mercado para el grupo.

Por otro lado, es necesario diferenciar entre dos procesos: el proceso de producción de cable de cobre o aluminio rígido y el proceso de producción de cable de cobre o aluminio flexible. Para el caso del aluminio, su salida es únicamente en forma rígida, mientras que para el caso del cobre puede ser tanto rígida como flexible. No obstante, esta diferenciación del producto, comentar que el proceso de fabricación es el mismo con la

excepción que el cable eléctrico rígido no se produce íntegramente en la planta productiva objeto de estudio y es por ello que el proceso que se describirá a continuación se centra en el proceso productivo de cable eléctrico de cobre flexible, ya sea normal o estañado.

1.2.7. Maquinaria

BELLPUIG CABLES, la planta productiva objeto de estudio, cuenta con diferentes procesos para la generación de cable y cada uno de estos procesos tiene maquinaria específica asignada.

En el inicio del proceso productivo encontramos la sección de trefilado y esta cuenta entre sus filas únicamente con trefiladoras, Imagen 6, preparadas cada una de ellas con los pasos e hileras necesarias en función del diámetro de salida que deseamos obtener.



Imagen 6. Trefiladora

La siguiente sección, bunchedo (cuerda), garantiza la formación del conductor, formada por los bunchers, Imagen 7, máquinas encargadas de cablear y torsionar conductor para posteriormente extruir sobre la cuerda el aislamiento. El proceso de cableado de hilos unipolares para generar una manguera multipolar también dispone de bunchers, pero en este caso de mayor tamaño.



Imagen 7. Buncher de cuerda

El proceso de extrusión cuenta con varios modelos de extrusoras, Imagen 8, en función de la capa que deseamos generar y los kg/hora que se requieren consumir para generar la manguera o aislamiento. Son las encargadas de cubrir la cuerda de cobre desnudo o el cableado de varios conductores ya aislados con una o varias capas de material polimérico.



Imagen 8. Extrusora

Por último, una vez extruido el cable unipolar o multipolar, en caso de necesitar tiradas especiales, rollos de 100 metros, cajas de 100 metros o 200 metros, carretes pequeños de diferentes longitudes, este material es destinado a la sección de empaquetado donde se efectuarán los cortes necesarios en función de los pedidos de los clientes, centralizado y gobernado por el área de operaciones del grupo TOP ELECTRIC. En esta sección se dispone de maquinaria variada: enrolladoras, Imagen 9, encajadoras, Imagen 10 y trscanadoras.



Imagen 9. Enrolladora



Imagen 10. Encajadora

1.2.8. Análisis del entorno

Uno de los principales motivos que impulsan este estudio es la mejora de la competitividad de la empresa. Con la finalidad de hacer un análisis cuidadoso de la posición competitiva que ocupa la empresa, utilizaremos una de las principales herramientas utilizada para dicho análisis: *Análisis de las 5 fuerzas de Porter*.

El *análisis de las cinco fuerzas de Porter* es un modelo estratégico elaborado por el economista y profesor de la Harvard Business School, Michael Porter, el año 1979. Se trata de un modelo integral que permite analizar cualquier industria en términos de rentabilidad según el cual la rentabilidad de un sector o industria viene determinada por la rivalidad entre los competidores, y esta es el resultado de la combinación de cinco fuerzas o elementos.

A continuación, en la Imagen 11, se muestra una representación gráfica del modelo de las *5 fuerzas de Porter*:

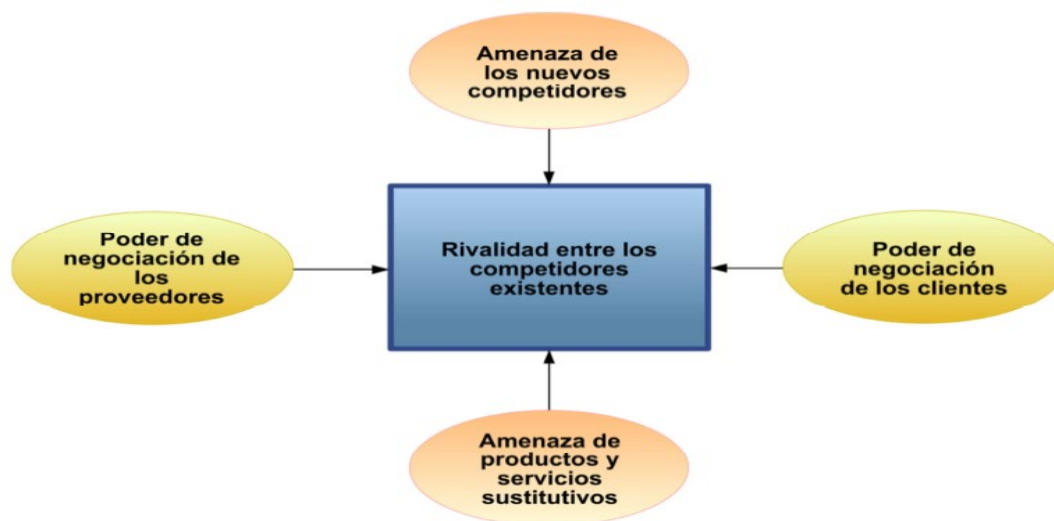


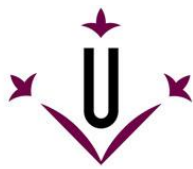
Imagen 11. Las 5 fuerzas de Porter

Competidores potenciales: Desde hace unos años existe una competencia creciente por parte de las empresas de los países del este de Europa. Estas empresas aprovechan unos costes laborales más bajos y una legislación más flexible para ofrecer productos a un bajo coste. Es cierto que hace unos años la calidad de sus productos resultaba deficiente comparándola con la calidad del producto fabricado en el estado español pero las empresas del este de Europa han realizado importantes mejoras en este sentido durante los últimos 10 años.

La crisis económica también jugó su papel, ya que la caída de la demanda interna hizo que muchas empresas, que antes tenían cubierta su producción con clientes del propio país, tuvieran que hacer esfuerzos importantes de cara a la internacionalización. Por ese motivo, apareció una creciente competencia por parte de los competidores que antes no ofertaban sus productos en un determinado mercado geográfico.

En cuanto al riesgo de que entren más competidores en el sector, se debe considerar en base a dos factores que afectan al ingreso de nuevas empresas, por un lado, las barreras de entrada y por otro la reacción por parte de las empresas establecidas.

La primera de las grandes barreras de entrada viene dada por la confianza del cliente ya establecida en la empresa que contrata y el coste extra de aprendizaje que supone establecerse para los nuevos competidores. Aunque también se ha de señalar que los cambios constantes en la tecnología utilizada para el desarrollo de esta actividad, pueden hacer inexistente parcialmente esta barrera equiparando las condiciones de las nuevas empresas con las ya implantadas.



Conviene considerar las economías de escala como barrera de entrada debido a la capacidad de reducción de costes que tienen las grandes compañías de este sector (p.e. General Cables, Draka, Prysmian) en el aspecto de las compras de material para acometer nuevos proyectos. Los descuentos y condiciones acumuladas por estas empresas en la compra masiva de material a proveedores resultan en una complejidad muy alta en la entrada de nuevas empresas que deseen ingresar en condiciones de igualdad.

Productos sustitutivos: La competencia de esta actividad se considera a efectos de tamaño poco numerosa debido a la alta especialización necesaria para la ejecución de la misma. Esto configura una oportunidad de libre establecimiento de precios por parte de las empresas competidoras sin riesgo de que aparezcan productos que puedan alterar el escenario por la aparición de funciones sustitutivas que afecten directa o indirectamente a la actividad. Esta reflexión, por lo tanto, induce a no valorar este apartado.

Poder de negociación de los clientes: El grupo de clientes de un sector determinado puede convertirse también en un competidor más en cuanto a lo que se refiere a su poder de reducción de precios, exigencias de servicio, exigencias de calidad y capacidad de enfrentar a los competidores entre sí.

Los clientes que conforman el grupo de interés de la actividad son generalmente muy poderosos en medios y recursos, tanto económicos como materiales y humanos, sumado a que el volumen de compra es muy alto, estos poseen un gran poder de negociación.

Otro aspecto a considerar que dificulta la negociación con los clientes, es por ejemplo el precio del cable de cobre, una variable muy volátil, altamente dependiente del mercado de materias primas que no permite una fijación baja de los precios, ante los riesgos que ello conlleva.

Poder de negociación de los proveedores: El poder que ejercen los proveedores puede significar un factor muy a tener en cuenta a la hora de valorar el atractivo del sector ya que muchas veces determinan el nivel de rentabilidad de la actividad con acciones como las que se citan a continuación. Conviene además tener en cuenta que, aunque en este sentido aparece la figura de los distribuidores locales, el verdadero poder de negociación proviene de las marcas que comercializan que son las que realmente fijan las condiciones en las que se desenvolverá la industria.

El grupo de empresas que conforman los proveedores de producto necesarios para la fabricación del cable es pequeño en comparación con el sector. Además, cuentan con una alta capacidad para absorben la competencia originada por los productos sustitutivos.

Habitualmente se trabaja con proveedores que constituyen grandes multinacionales con ventas en otros sectores y en muy diversos segmentos, y que por lo tanto, están en condiciones de ejercer un gran poder de negociación. Las empresas principales del sector



son capaces incluso de generar y fijar las tendencias del mercado con sus productos, ejerciendo un papel muy importante en la evolución del propio sector.

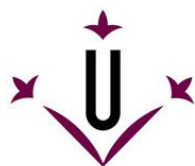
En cuanto a la mano de obra, importante proveedor a tener en cuenta en este análisis, los recursos humanos capaces de desarrollar esta actividad constituyen un grupo muy pequeño, de escaso crecimiento y con alta especialización, lo que genera un alto poder de negociación de los mismos. Poder que se reduce en las condiciones actuales y futuras de mercado laboral nacional y que a tenor de lo que se observa, no puede generar los suficientes puestos de trabajo, haciendo crecer la demanda de empleo en el ciudadano y por lo tanto reduciendo su poder de negociación.

1.2.9. Análisis *DAFO*

El análisis *DAFO* es un método de planificación estratégica para evaluar las Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades de un determinado proyecto empresarial. Consiste en un análisis que diferencia entre los factores internos (fortalezas y debilidades) de una organización y los factores externos (oportunidades y amenazas). La técnica se atribuye a Albert Humphrey, de la Universidad de Stanford durante las décadas de 1960 y 1970.

- Fortalezas: Características internas que representan una ventaja para conseguir el objetivo respecto los competidores.
- Debilidades: Son características internas o limitaciones que representan una desventaja para conseguir los objetivos respecto los competidores.
- Oportunidades: Son características del medio, externas a la organización, que pueden suponer una ventaja para conseguir los objetivos.
- Amenazas: Son características del medio, externas a la organización, que pueden suponer un problema para conseguir los objetivos.

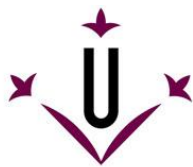
La elaboración del *DAFO* resulta esencial para el proceso de planificación estratégica y las organizaciones tienen que orientarse para conseguir potenciar las fortalezas y eliminar o reducir en la medida de lo posible las debilidades, al mismo tiempo que pueden aplicar sus fortalezas para lograr aprovechar las oportunidades y neutralizar las amenazas. El proceso de elaboración del *DAFO* resulta laborioso y tiene que tener en cuenta todos los aspectos importantes de la empresa y el entorno, incluyendo el *análisis de las 5 fuerzas de Porter*. El análisis *DAFO* se acostumbra a presentar en forma de matriz, como se muestra a continuación en la Tabla 1.



FORTALEZAS	DEBILIDADES
<ul style="list-style-type: none">• Marca consolidada.• Clientes fidelizados.• Amplia experiencia y conocimiento del sector.• Flexibilidad y producto personalizado.• Plazos de entrega cortos.• Estructura financiera.• Coste fabricación del producto bajo.• Pioneros cumplimiento CPR (Europa).• Alta gama de productos.	<ul style="list-style-type: none">• Bajo desarrollo tecnológico.• Tecnología obsoleta.• Limitaciones de espacio para ubicar nueva maquinaria.• Presencia online.• Alto coste de mantenimiento.• Estructura jerárquica.• Poca disponibilidad de mano de obra cualificada.• Originalidad en los productos / faltan productos innovadores.
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none">• Crecimiento del sector solar fotovoltaico y eólico.• Uso de nuevos materiales de bajo coste.• Nuevas delegaciones en países de Oriente Medio.• Poca competencia a nivel nacional e internacional.• Enfoque hacia el mercado de las telecomunicaciones (cables ópticos y fibra óptica).• Establecer alianzas con determinados clientes para el desarrollo de innovaciones.• Contactar con distribuidoras de productos para los instaladores.• Potenciar el suministro veloz del producto (potenciar aspectos logísticos).	<ul style="list-style-type: none">• Creciente competencia de empresas del Este de Europa.• Existencia de productos más eficientes.• Poca capacidad de negociación con los proveedores.• Capacidad de los clientes para confrontar a los competidores entre sí. Exigencia de precios más bajos, más calidad, etc.• Influencia importante de los costes de energía.• Formulación CPR supone mayor coste en la fabricación.• Cambio en la jerarquía/política de la empresa hacia una estructura más horizontal.

Tabla 1. Análisis DAFO

A partir de la matriz *DAFO* la empresa elabora el Plan Estratégico para una validez de tres años, y que se revisa anualmente para adecuarlo a las condiciones que hayan podido variar. A efectos del presente trabajo, el Plan Estratégico de TOP ELECTRIC incluye dos puntos que resultan de especial importancia:



- Fabricación de una nueva gama de productos Tri-rated que representará una innovación a nivel europeo y que será una importante fuente de ventaja competitiva. Concretamente la sección de conductor de 10mm², muy utilizada en el sector solar fotovoltaico cuyo crecimiento en los últimos 2 años está siendo muy positivo.
- Aplicación de conceptos y técnicas propias del *Lean Manufacturing* para mejorar la eficiencia y que permitan la reducción de costes de producción.

1.3. Marco teórico – referencial

1.3.1. Principios tradicionales de la manufactura

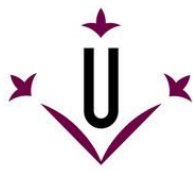
Para el desarrollo de este proyecto será necesaria la aplicación de varias técnicas de la manufactura esbelta a una línea productiva de cable eléctrico configurada en término de la manufactura tradicional, por esta razón es importante realizar una revisión de los fundamentos teóricos que rigen a cada una de estas técnicas con el fin de apreciar la importancia de cada una y los beneficios que representan en las líneas de producción.

De otro lado, la exposición de los principios tradicionales de la manufactura (aún muy generalizados en el mundo industrial) es importante ya que la línea productiva, objeto de estudio, se diseñó siguiendo estos principios.

Básicamente, la producción ha sido concebida de manera tradicional desde la perspectiva de Henry Ford con el sistema productivo que empleaba en su línea de ensamble “En masa”. El fundamento que rige este concepto o forma de operar, consiste en que, para que un producto sea elaborado, debe ser transformado a partir de una larga línea de producción constituida de subestaciones por las que deberá pasar el artículo para que se ensamble una nueva parte del total que constituye el producto. Una vez completado el ensamble de todas las partes constitutivas del producto (habiendo pasado lógicamente por todas las subestaciones de la línea de ensamble) se obtiene el producto terminado.

En este concepto, saltan a la vista algunos aspectos característicos que han convertido al sistema tradicional en masa en una “no muy buena idea” como modelo para los procesos productivos actuales. A continuación, se analizarán algunos de estos aspectos:

- La complejidad de las líneas productivas tradicionales es un aspecto muy importante a considerar ya que cuentan con flujos muy complicados debido a que la distribución de las estaciones/secciones de trabajo no suelen estar ordenadas de acuerdo a la forma óptima en que puede ser producido el artículo. Las razones pueden ser varias, desde un mal diseño de la planta y la falta de proyección de



futuras ampliaciones, hasta cuestiones conceptuales del propio diseño del producto.

- La planificación tradicional ha tendido a producir “para stock” y muchas veces hasta “por si acaso”, esto es causante de que se tengan enormes almacenes repletos de productos terminados e incluso de materias primas, lo que aumenta el coste de mantenimiento de los inventarios.
- La mala utilización del espacio genera que los tránsitos dentro de la empresa sean complicados y prime la urgencia de hacer más grandes tanto las instalaciones como, especialmente, los almacenes. Este es un aspecto muy importante debido a que la optimización del espacio es uno de los factores más importantes en el diseño de plantas por que el desperdicio de espacio injustificadamente genera elevadísimos costes en ampliaciones y mantenimiento de edificaciones que, tarde o temprano, deberán ser replanteadas.
- Uno de los puntos más importantes a considerar es cuando el tamaño de los lotes de producción es elevado, generando dos situaciones relevantes en la producción: Excesivo inventario en el producto en curso, ya que los lotes son muy grandes y para que un lote de producción pase a la siguiente fase del proceso productivo deberá esperar mucho tiempo en la estación anterior. La segunda situación hace referencia al incremento en el tiempo de producción, ya que para que el primer lote de producción salga, se deberá esperar un tiempo muy prolongado hasta después que sea procesado en las distintas estaciones de trabajo distribuidas a lo largo del proceso productivo. Con esto se pierde en gran medida el tiempo de respuesta con que la empresa puede cumplir sus compromisos con los clientes, además que la misma actividad de “esperar” no genera valor añadido al producto.
- Finalmente, mencionar los aspectos de calidad que en la manufactura tradicional están orientados a la inspección de los lotes al final de la línea de producción o al producto terminado. Esta es una práctica muy común y que genera que productos defectuosos pasen por toda la línea productiva, hasta convertirse en productos terminados, que por haber acumulado uno o más defectos en las distintas estaciones de trabajo no está acorde con los requisitos del cliente. Estos defectos, tal y como se menciona, son detectados solamente al final e incluso muchas veces son detectados por el cliente. Este es un grave enfoque que genera, entre otras cosas, un alto reproceso y en el peor de los casos desperdicios no reprocesables (lo que implica importantes costes en tiempo y dinero). Aún más grave se considera el coste que se genera cuando se presenta el segundo caso, o sea que el cliente detecte los problemas, ya que además del coste por el producto defectuoso, está el coste derivado de la satisfacción del cliente, de reposición e incluso pérdida del cliente.

Con este rápido enfoque acerca de los fundamentos y elementos que caracterizan a las líneas de producción tradicionales y la inclusión de algunos comentarios acerca de los



problemas que presentan estos, es tiempo de revisar las técnicas *Lean Manufacturing*. Estas técnicas ofrecen una gran ayuda a las empresas de hoy en su eterna lucha contra la eliminación de desperdicios y generación de valor añadido, trayendo como consecuencia mejoras económicas.

1.3.2. Introducción al *Lean Manufacturing*

El término “*Lean*” fue creado en 1987 en el MIT (Massachusetts Institute of Technology, Boston MA.). Un equipo del MIT estaba estudiando el sistema de Toyota de diseño, producción, aprovisionamiento y servicio al cliente. Como parte del análisis, escribieron en una pizarra todos los elementos que lo diferenciaban respecto del sistema tradicional de producción en masa:

- Necesita menos recursos humanos para diseñar, fabricar y servir los productos.
- Necesita un menor volumen de inversión para conseguir un volumen determinado de capacidad productiva.
- Fabrican productos con un menor nivel de defectos y reprocesos.
- Utilizan menos proveedores, pero más cualificados.
- Pueden fabricar una mayor gama de productos con menor coste para mantener precios y ganar cuota de mercado.
- Necesita menos nivel de inventario en cada fase del proceso.

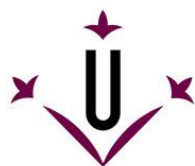
Analizando todos los elementos descritos llegaron a la conclusión de que necesitaban “menos de todo” para crear una cantidad determinada de valor, lo definieron por tanto como una organización “esbelta” (*Lean*).

Por lo tanto, el *Lean Manufacturing* recoge las técnicas desarrolladas en el sistema de producción de Toyota.

1.3.3. Definición de *Lean Manufacturing*

El *Lean Manufacturing* es en definitiva una serie de principios, conceptos y técnicas diseñadas para eliminar el desperdicio y establecer un sistema de producción eficiente que permita realizar entregas a los clientes de los productos requeridos, cuándo son requeridos, en la cantidad requerida y sin defectos.

Aplicar las prácticas *Lean* es una forma de reducir costes, mejorar los resultados, así como la reactividad y flexibilidad frente a cambios externos y crear valor para la empresa. En definitiva, una forma de hacer más con menos recursos para acercarse cada vez más a las necesidades exactas del cliente.



Es importante anotar el enfoque que este concepto conlleva, así se enumeran algunos rasgos significativos:

- El valor es dictado por el cliente, o sea que el valor agregado no puede ser definido por los agentes internos de la empresa, sino que tienen que ser definidos por las necesidades expresas del cliente.
- Eliminar los desperdicios basándonos en la búsqueda y erradicación de aquellas actividades que no agregan valor al productor (considerando que podrían existir algunos que, por la naturaleza de los procesos o el producto, sean inevitables).
- La distribución del proceso es un pilar de la manufactura esbelta, pues busca que seamos capaces de generar un flujo tal que la cadena logística de los materiales hasta su conversión a productos terminados sea armoniosa y con valor.
- La mejora continua es el pilar más importante y sugiere la posibilidad de mejorar, de manera indefinida nuestros procesos. Este enfoque en sí es la clave de la competitividad en la actualidad donde los cambios e innovaciones constantes provienen desde cualquier parte del mundo y nos afectan directamente.

Lean es una metodología de trabajo que permite trabajar sobre la cadena de valor del producto/servicio o de una familia de productos/servicios. Una empresa que trabaja según los principios de *Lean*, busca sistemáticamente conocer aquello que el cliente reconoce como valor añadido y está dispuesto a pagar por ello, al tiempo que va eliminando aquellas operaciones del proceso que no generan valor.

La teoría del *Lean Manufacturing* está estructurada según una serie de principio y conceptos con sus correspondientes herramientas/técnicas para su implementación, las cuales se muestran a continuación en la Tabla 2.

PRINCIPIOS Y CONCEPTOS	HERRAMIENTAS / TÉCNICAS
VALOR	Los 9 desperdicios
CADENA DE VALOR - Mapa de la cadena de valor actual y futuro - Búsqueda de desperdicios	<i>VSM – Value Stream Mapping</i> (mapeado de la cadena de valor)
FLUJO CONTINUO - 0 defectos - Flexibilidad y reactividad - Implicación del personal - Estandarización - Orden y limpieza	5S's TPM Takt-time (TT) SMED Gestión visual – Indicadores Polivalencia Jidoka Poka-yoke (sistemas anti-error)
PULL FLOW - Flujo tirado por el cliente - Reducción de tamaño de lotes	Kanban Supermercados, FIFO, ConWip, POLCA
PERFECCIÓN - Mejora continua - Repetitividad de los procesos sin errores	Mejora continua (<i>Kaizen</i>) 6 SIGMA

Tabla 2. Conceptos y herramientas *Lean*.



En la Tabla 2, se resumen los conceptos y herramientas genéricos propios de la teoría *Lean* y seleccionados para analizar su posible aplicación al proyecto de estudio. Dichos conceptos y herramientas tienen aplicación en múltiples sectores industriales, como pueden ser: automoción, aeronáutico, médico, alimentación, etc., a la vez que en el sector servicios (*Lean Service*), procesos de diseño (*Lean Design*) y la cadena de suministro de un proceso productivo (*Lean Supply Chain*).

En el caso del presente documento, veremos la aplicación particular de la teoría *Lean* dentro de las actividades de producción de la empresa ámbito de estudio.

Previo a desarrollar esta aplicación particular de *Lean*, se va a exponer cómo debe ser el proceso de aplicación de la teoría *Lean*, para convertir un sistema productivo genérico de una empresa en un *Sistema Lean de Producción* y se analizarán cada una de las técnicas nombradas anteriormente, mostrando así, en que consiste su aplicación y los beneficios que pueden aportar.

1.3.4. Proceso de transformación *Lean*. Principios *Lean*

La *Producción Esbelta* que hoy conocemos, es la adaptación que realizaron las industrias automotrices norteamericanas del “Toyota Production System” japonés que se basa en los principios de Edward Deming y los gurús de la ingeniería industrial como Shigeo Shingo, Eijy Toyoda, entre otros. Y se centra de manera específica en la erradicación total de los “desperdicios” desde la perspectiva amplia que incluye a las actividades que no generan valor agregado, en otras palabras, eliminar todo tipo de desperdicios.

En esta parte es necesario mencionar al “Pensamiento Esbelto”, que es la clave para emprender un programa de manufactura esbelta en las empresas, y es un concepto simple pero que es muy difícil de entender y más aún aplicar para la mayoría de las personas en las plantas. Esto es debido a que definitivamente implica un cambio en la manera de trabajar con respecto a lo que se venía haciendo, y esto evidentemente genera temores en los trabajadores, no solo operarios, sino incluso mandos medios y altos cuando no han sido orientados correctamente respecto a lo que se busca con las prácticas *Lean*. Y es que el pensamiento esbelto es en síntesis sustituir los mandos por liderazgos, o sea que los gerentes y mandos medios atiendan a todos los implicados en los procesos productivos, que se fomente el hábito de delegar, en fin, ser “líderes” de las organizaciones y sus procesos.

Como un primer paso en la transformación, es necesario identificar las fuentes actuales/potenciales de desperdicio del sistema productivo de la empresa para así lograr eliminarlas.

A continuación, se detallan los pasos a seguir.



1.3.4.1. Identificación del valor

Valor es un concepto de percepción de un producto o servicio. Es todo aquello que hace que se cumplan las funcionalidades esperadas por el cliente, con un nivel de calidad esperado, a un coste esperado y en un plazo de tiempo esperado, por el cual está dispuesto a pagar el cliente.

Todo aquello que no es valor o no ayuda a incrementarlo de forma directa y supone un coste para la empresa se denomina desperdicio. En la teoría *Lean* se identifican 9 desperdicios básicos.

- Desperdicio de sobreproducción: Es la producción en exceso, anticipada o acelerada que se hace de parte de una estación a otra en el proceso.
- Desperdicio de inventario: Es cualquier inventario en exceso que existe de una parte en la cadena logística del proceso productivo.
- Desperdicio por defectos: Son los desperdicios que se dan por la realización de productos defectuosos, esta definición incluye las actividades de inspección y reproceso.
- Desperdicio por proceso: Son todos aquellos esfuerzos, actividades y demás que se emplean para realizar el producto y que sin embargo no le agregan valor agregado al producto desde la perspectiva del cliente.
- Desperdicio por espera: Es todo aquel tiempo empleado para esperar algo, en el proceso de producción.
- Desperdicio de recursos humanos: Este desperdicio se define como aquella no utilización óptima del potencial de los trabajadores: físico, habilidades, conocimiento y demás.
- Desperdicio de movimiento: Este es el desperdicio que se genera por los movimientos ya sea de los operadores o máquinas y equipos en la planta que no agreguen valor al producto en el proceso.
- Desperdicio de transporte: Se considera desperdicio de transporte a la transportación de la que son objeto los productos e información alrededor de la planta y que definitivamente no agregan valor al producto.
- Desperdicio de materiales y recursos naturales: Son todas aquellas cosas que en el proceso o después de él, no pueden ser reducidas o reprocesadas.

Por último, respecto a la mejora y los desperdicios, en la base del *Lean Manufacturing* está el establecimiento de un proceso de mejora basado en saber qué aporta valor y qué no lo aporta y eliminar o reducir las actividades que no aportan valor.

Traducido a tareas concretas, consistiría en:



- Identificar el desperdicio: Del tiempo total dedicado a la tarea, habr3 parte en la que se aporte valor y parte en la que no.
- Mejorar (cambiar cosas) para eliminar tiempo que no aporte valor.
- Asignar operaciones que aporten valor.

1.3.4.2. Identificaci3n de la cadena de valor

La cadena de Valor es una secuencia de actividades (con y sin aporte de valor) desarrolladas para conseguir un determinado producto o servicio a trav3s de las tres tareas t3picas de gesti3n de un negocio.

- Tareas de resoluci3n de problemas: Desde el inicio del proceso hasta la entrega al cliente.
- Tareas de gesti3n de la informaci3n: Desde la recepci3n de pedidos hasta la planificaci3n de la expedici3n.
- Tareas de transformaci3n f3sica: Desde la recogida y transformaci3n de materias primas hasta producto terminado.

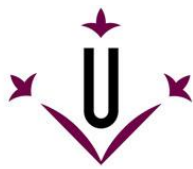
El an3lisis lleva a identificar los desperdicios actuales y definir la cadena de valor futura objetivo. La herramienta de *Lean* asociada al concepto de Cadena de Valor es el *VSM* (*Value Stream Mapping*).

VALUE STREAM MAPPING

El *Value Stream Mapping* es una herramienta utilizada para analizar de forma global la cadena de valor, m3s all3 del an3lisis de un 3nico proceso y recogiendo 3nicamente ciertos datos generales de las distintas operaciones que se realizan. El objetivo del mapeado de la cadena de valor es obtener una perspectiva general del conjunto, no s3lo de los procesos individuales, y mejorar todo, optimizando a su vez todas las partes. A partir de la informaci3n recopilada se debe establecer cu3l es la situaci3n objetivo con el mapa futuro de la cadena de valor.

Es importante destacar la sugerencia que muchos autores de mapeos de la cadena de valor efect3an, y es que como bien se menciona, los clientes no est3n interesados en todos los productos que una empresa elabora, sino que m3s bien est3n dispersos por uno u otro producto con preferencias m3s fuertes por uno y otro evidentemente. De lo descrito se puede inferir que no es una idea necesariamente pr3ctica el hecho de efectuar un mapeo a todos los materiales o productos que pasan por las estaciones de trabajo, para esto se recomienda que se clasifiquen los productos en familias de productos.

Las familias de productos no son m3s que productos que para ser transformados atraviesan actividades similares en el proceso productivo y que adem3s son sometidos a



equipos o maquinarias comunes. Esto ayudará a concentrarse en primera instancia en procesos más complejos o integrales que ayudaran a la generación de valor a los productos de “mayor valor”.

Antes de indicar como trazar un mapa de la situación inicial, es muy provechoso mencionar algunas acciones que ayudan a que los ejercicios del mapeo sean más productivos, a saber:

- Analizar el flujo de información.
- Conocer el orden de los procesos para evitar pérdidas de tiempo en averiguar qué procesos o actividades siguen y cómo interactúan con la anterior.
- Tomar los datos y dibujar un esbozo del mapa de valor.
- Iniciar el recorrido aguas arriba, es decir, hacia atrás. Esta práctica permitirá tener más interconexión con los procesos que se encuentran más cercanos al cliente.

En el Anejo 1 se enumeran los pasos a seguir para generar un mapa de valor de la situación actual y futura para la empresa.

1.3.4.3. Instaurar un sistema de flujo continuo

La actuación más efectiva de cara a reducir desperdicios en una cadena de valor es la creación de flujos continuos. Entendemos por flujo continuo la integración de procesos de acuerdo a la secuencia de fabricación, transfiriendo el lote completo de un proceso a otro. Por el contrario, en un flujo intermitente, los procesos están aislados y la conexión entre los mismos se realiza por medio del transporte de materiales en lotes de transferencia de varias unidades.

El siguiente concepto que utiliza *Lean* en la creación de un flujo continuo es el *Takt-Time*. La idea es que si todos los procesos (establecidos en flujo continuo o trabajando de forma aislada) se diseñan para trabajar al mismo ritmo que la demanda, se conseguirá que el material avance al mismo ritmo a lo largo de toda la cadena de valor y por lo tanto la acumulación de material sea menor. Esto es lo que se conoce como sincronización.

Los beneficios esperados del flujo continuo son, entre otros, los siguientes:

- Elimina tiempos sin valor añadido.
- Reduce la necesidad de espacio.
- Limita el stock en curso.
- El control del stock en curso reduce la dispersión al sistema de producción y controla el *Lead Time*.



Para conseguir instaurar un sistema de flujo continuo se presentan las técnicas que se han valorado con una breve introducción teórica y los beneficios que aportarían su implementación.

A partir de este punto, algunas de las técnicas *Lean* que se presentan, se explicarán más detalladamente en Anejos, con el fin de no hacer el proyecto excesivamente largo.

TÉCNICA DE LAS 5S'S

Este concepto se refiere a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, más organizadas y más seguras, es decir, se trata de imprimirle mayor calidad al trabajo. Las 5S's provienen de términos japoneses que diariamente ponemos en práctica en nuestra vida cotidiana.

Las 5S's se derivan de las palabras japonesas:

Seiri – Clasificar, organizar o arreglar

Seiton – Todo en su lugar (ordenar)

Seiso – Súper limpieza

Seiketsu – Estandarización

Sitsuke – Disciplina

A continuación, se presenta una descripción de que buscan cada una de las 5S's que, al aplicarlas sistemáticamente en el orden descrito, producen los resultados que se mencionó en el concepto introductorio.

Seiri – Clasificar

Esta es la primera “S” y se refiere a que se deberá clasificar las cosas que son necesarias y/o útiles para que se desarrollen las actividades propias de determinado puesto de trabajo. Existen algunas formas de realizar lo anotado, sin embargo, la operación más recomendada por los estudiosos de esta técnica, mencionan al “etiquetado en rojo” como la más usual y útil.

El etiquetado en rojo consiste en crear un área de almacenamiento provisional, para situar a los elementos que resulten de un proceso de etiquetado previo consistente en colocar una etiqueta roja en los artículos considerados innecesarios para realizar el trabajo en la estación determinada. Luego se efectúa una valoración de los artículos depositados en el área provisional y etiquetados para determinar cuáles son reutilizables y cuáles no, en el caso de los reutilizables se les da el uso que se consideró al momento de valorarlos como reutilizables, mientras que a los no útiles se los desecha.



Esta organización es una manera excelente de liberar espacios de la planta desechando cosas tales como: herramientas rotas, herramientas obsoletas, recortes y excesos de materia prima, entre otras.

El proceso de seleccionar está encaminado a que la empresa sea capaz de entre otras cosas, cumplir con las siguientes acciones:

- Separar en el puesto de trabajo las cosas que realmente sirven de las que no sirven.
- Diferenciar lo necesario de lo innecesario para el trabajo rutinario.
- Mantener lo que necesitamos y eliminar lo excesivo.
- Separar los elementos empleados de acuerdo a su naturaleza, uso, seguridad y frecuencia de utilización con el objeto de facilitar la agilidad en el trabajo.
- Organizar las herramientas en ubicaciones donde los cambios se puedan realizar en el menor tiempo posible.
- Eliminar elementos que afectan al funcionamiento de los equipos y que pueden producir averías.
- Eliminar información innecesaria y que nos pueden conducir a errores de interpretación o de actuación.

Al clasificar se preparan los lugares de trabajo para que estos sean más seguros y productivos. El primer y más directo impacto está relacionado con la seguridad. Ante la presencia de elementos innecesarios, el ambiente de trabajo es tenso, impide la visión completa de las áreas de trabajo, dificulta observar el funcionamiento de los equipos y máquinas, las salidas de emergencia quedan obstaculizadas haciendo todo esto que el área de trabajo sea más insegura. Entre todos los beneficios que genera la primera de las 5S's, destacamos, liberar espacio, mejorar el control visual de stocks, eliminar pérdidas de productos o elementos que se deterioran, facilitar el control visual de las materias primas, entre otras.

Seiton – Ordenar

En esta etapa se trata de que todos aquellos artículos, elementos, etc., que resultaron útiles o necesarios en el paso anterior sean puestos en los lugares más adecuados para su uso y utilización. Con esta aplicación se mejora la visualización de las herramientas, máquinas y demás equipos necesarios para el desarrollo normal de las actividades en el puesto de trabajo y se eliminan las operaciones “innecesarias” de búsqueda de las herramientas y todos los artículos descritos. Para lograr este objetivo se recomienda en gran medida la utilización de áreas delimitadas con pintura para ubicar los elementos en ese lugar especificado. Otra práctica muy útil es dibujar la silueta de las herramientas sobre la pared o el lugar donde se almacenarán las herramientas, con esto se garantiza que las herramientas sean no solo dejadas en un lugar específico, sino además localizadas siempre en el mismo lugar.



En resumen, ordenar permite:

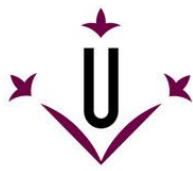
- Disponer de un sitio adecuado para cada elemento utilizado en el trabajo del día a día facilitando su acceso y retorno al lugar.
- Disponer de un sitio identificado para ubicar elementos que se emplean con poca frecuencia.
- Disponer de lugares para ubicar el material o elementos que no se usarán en el futuro.
- En el caso de maquinaria, facilitar la identificación visual de los elementos de los equipos, sistemas de seguridad, alarmas, controles, sentidos de giro, etc.
- Lograr que el equipo tenga protecciones visuales para facilitar su inspección autónoma y control de limpieza.
- Identificar y marcar todos los sistemas auxiliares del proceso como tuberías, aire comprimido, combustibles, etc.
- Incrementar el conocimiento de los equipos por parte de los operadores de producción

Con la aplicación de la segunda de las 5S's, se obtienen beneficios tales como facilitar el acceso rápido a elementos que se requieren para el trabajo, mejorar la información en el sitio de trabajo para evitar errores y acciones de riesgo potencial, presentación y estética mejorada de la planta, un ambiente de trabajo más agradables, entre otras.

Seiso – Súper limpieza

Seiso, significa limpiar las áreas de trabajo con todo lo que esta implica, o sea máquinas, herramientas, etc. Sin embargo, el enfoque que se da en esta técnica no se basa simplemente en la labor de limpiar, sino que esta vista desde la perspectiva de mientras se limpia llevar a cabo labores de inspección de mantenimiento y demás, que conduzcan a la solución de problemas, identificación de posibles averías, etc. Y claro la búsqueda de nuevas formas de operar y posibles aplicaciones para evitar que se dé la suciedad en el área de trabajo. Para aplicar correctamente esta técnica se debe:

- Integrar la limpieza como parte del trabajo diario.
- Asumir la limpieza como una actividad de mantenimiento autónomo: “la limpieza es inspección”.
- Se debe abolir la distinción entre operario de proceso, operario de limpieza y técnico de mantenimiento.
- El trabajo de limpieza como inspección genera conocimiento sobre el equipo. No se trata de una actividad simple que se pueda delegar en personas de menor cualificación.



- No se trata únicamente de eliminar la suciedad. Se debe elevar la acción de limpieza a la búsqueda de las fuentes de contaminación con el objeto de eliminar sus causas primarias.

Todo ello aporta beneficios a la empresa tales como, reducir el riesgo potencial de que se produzcan accidentes, mejorar el bienestar físico y mental del trabajador, incrementar la vida útil de los equipos al evitar su deterioro, identificar más rápidamente posibles averías, reducir despilfarros de materiales y energía debido a la eliminación de fugas o escapes, entre otros.

Seiketsu – Estandarización

La estandarización es una fase muy importante en la consecución de esta técnica, ya que solo se llega a ella a través del trabajo constante de las anteriores “S”. Aquí se pretende que se creen los estándares de limpieza necesarios para que las actividades de limpieza sean generales para los operarios.

Es importante que, a estas alturas del sistema, los operarios sean quienes lleven a cabo la elaboración de normas, de los mismos estándares de que hablamos. Lo más importante es que todos estén comprometidos en la implantación de los hábitos de limpieza (vistos desde la óptica que hemos explicado), así que se deberá empezar a trabajar en el aspecto psicológico de crear conciencia en cada una de las personas involucradas en la limpieza y demás aspectos.

Con todo esto se persiguen algunos aspectos que entre los más destacados podríamos anotar los que se muestran:

- Mantener el estado de limpieza alcanzado con las tres primeras S's.
- Enseñar al operario a realizar normas con el apoyo de la dirección y un adecuado entrenamiento.
- Las normas deben contener los elementos necesarios para realizar el trabajo de limpieza, tiempo empleado, medidas de seguridad a tener en cuenta y procedimiento a seguir en caso de identificar algo anormal.
- El empleo de los estándares se debe auditar para verificar su cumplimiento.
- Las normas de limpieza, lubricación y aprietes son la base del mantenimiento autónomo (Jishu Hozen).

Los beneficios que puede aportar la estandarización son entre otros, mejorar el bienestar del personal al crear un hábito de conservar impecable el sitio de trabajo de forma permanente, evitar errores en la limpieza que puedan conducir a accidentes o riesgos laborales innecesarios, preparar al personal para asumir mayores responsabilidades en la gestión del puesto de trabajo, mejorar los tiempos de intervención, incrementar la productividad de la planta, entre otros.



Sitsuke – Disciplina

Esta es la etapa más importante siendo la de menor actividad operativa, desde el punto de vista de la aplicación de actividades para lograr el objetivo, ya que aquí es donde la empresa deberá insistir en que lo hecho hasta ahora se mantenga a lo largo del tiempo y así poder verse beneficiada por todo lo que propone las 5S's.

Aquí se establece que la empresa (el personal y las infraestructuras) estén en completa concordancia con lo descrito en la técnica, o sea que se establezca la disciplina en el cumplimiento de las normas y estándares creados para el efecto. Es importante que se generen mecanismos de control periódico e incluso no programados para verificar el habitual desempeño de las labores orientadas a los estándares.

Hay que recordar que la clave de la implantación de cualquier técnica o sistema de mejora en las empresas debe, luego de su parte operativa, contar con el sostenimiento debido de lo logrado, es así que la constancia y la disciplina deben ser un pilar importante como punto culminante.

La disciplina implica control periódico, visitas sorpresa, autocontrol de los empleados, respeto por sí mismo y por los demás, mejor calidad de vida laboral, además de:

- El respeto de las normas y estándares establecidos para conservar el sitio de trabajo impecable.
- Realizar un control personal y el respeto por las normas que regulan el funcionamiento de una organización.
- Promover el hábito de auto controlar o reflexionar sobre el nivel de cumplimiento de las normas establecidas.
- Comprender la importancia del respeto por los demás y por las normas en las que el trabajador seguramente ha participado directa o indirectamente en su elaboración.
- Mejorar el respeto de su propio ser y de los demás.

Con la aplicación de la última de las 5S's, se obtienen beneficios tales como crear una cultura de sensibilidad, respeto y cuidado de los recursos de la empresa, incrementar la moral en el trabajo, conseguir que sea atractivo llegar al lugar de trabajo a diario, entre otros.

TOTAL PRODUCTIVE MANAGEMENT (TPM)

El mantenimiento productivo total (*TPM*) es más que un sistema o programa de mantenimiento. Es un compromiso de parte de todos los integrantes en la empresa por involucrarse en el mantenimiento y mejora de los equipos.



La palabra “total” en mantenimiento productivo total tiene tres significados relacionado con tres importantes características del *TPM*:

- Eficacia total: la búsqueda de eficacia económica o rentabilidad.
- Mantenimiento preventivo total: mejorar la facilidad del mantenimiento y el mantenimiento preventivo.
- Participación total: el mantenimiento autónomo por parte de los operarios o de pequeños grupos en cada departamento y a cada nivel.

El *TPM* se esfuerza por lograr cero fallos y detenciones en los equipos. Esto se intenta lograr con técnicas de mantenimiento preventivo y mediante una mayor participación de los operarios.

TRABAJAR AL RITMO DEL TAKT TIME (TT)

El concepto del *TT* pretende que todos los procesos funcionen al mismo ritmo y que este sea coincidente con el ritmo de expedición (sincronizar).

Para calcular el *TT* es necesario establecer el tiempo total disponible que equivale al nº de turnos multiplicado por las horas por turno y restando las paradas programadas. En ningún caso hay que restar tiempos de cambio, averías, etc.

Importante no confundir el *TT* (cada cuánto necesitan los clientes un producto) con el tiempo de ciclo (cada cuánto se fabrica un producto).

El tiempo de ciclo (*TC*) siempre será igual o inferior al *TT*. Es inferior para poder absorber tiempos de cambios, averías, sobrecapacidad, entre otros. Cuanto más lejano esté el *TC* del *TT*, mayores serán las ineficiencias del sistema productivo.

SMED (SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE)

El *SMED* es una técnica empleada para reducir el tiempo de máquina parada en las preparaciones. Fue desarrollada por el ingeniero Japonés Sigeo Shingo en los años 70. Establece una forma de analizar las preparaciones, diferenciado entre operaciones internas (hay que realizarlas con la máquina parada) y externas (se pueden realizar antes y después de la parada).

Para más información sobre la técnica *SMED* véase el Anejo 2.

JIT – JUST IN TIME

Al sistema *Just in Time (JIT)*, se le define como una técnica de la manufactura esbelta enfocada a la eliminación de desperdicios.



El *JIT*, es un conjunto integrado de actividades diseñadas para lograr un alto volumen de producción, utilizando inventarios mínimos de materia prima, producto en curso y productos terminados. O como muchos autores resumen “Fabricar lo que se necesita, cuando se necesita y en la cantidad que se necesita”.

Para más información sobre la técnica *JIT* véase el Anejo 3.

TRABAJO ESTANDARIZADO (SOP)

El trabajo estandarizado es un sistema de gestión para las secciones del proceso de fabricación. Es la clave para la productividad de la cadena de valor.

Los tres elementos claves en el trabajo estandarizado son el *TT*, el ritmo de la sección (secuencia de trabajo, qué hace cada persona) y el trabajo en proceso (*WIP – Work in process*).

El trabajo estandarizado tiene un sistema de documentación estandarizado. Tiene que ser simple, tiene que actualizarse según se introduzcan mejoras y tiene que mantenerse su cumplimiento para eliminar la variabilidad.

Utilizando el sistema de trabajo estandarizado, los responsables de las secciones pueden realizar una gestión visual. Empieza definiendo el número de personas adecuado en la sección de acuerdo al *TT* del periodo.

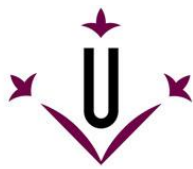
Hay tres herramientas visuales que facilitan la visualización de los problemas para poder resolverlos:

- Paneles de control de la producción: Producción horaria con registro de las incidencias que han originado el incumplimiento del plan.
- Niveles estándares de *WIP*: ¿Dónde está el *WIP*, ¿dónde debería de estar, por qué no está en su sitio? Desequilibrios, averías, etc.
- Paneles de estándares: Documentación de los estándares.

Algunos de los beneficios que presenta esta técnica son, asegurar la calidad de los productos, mejora la seguridad del operario y la eficiencia en el trabajo, ayuda a tener un mismo criterio entre turnos y compartir las mejoras en otras áreas, controla la variabilidad, entre otras.

GESTIÓN VISUAL

El concepto de *gestión visual* refleja la transmisión del desarrollo progresivo de la mejora continua de la empresa a todos sus integrantes, además de servir como medio de comunicación que posibilite una mejora de las prácticas.



Con este nuevo modelo de organización, se consigue que todos los detalles sean evidentes, de manera que cualquier error se hace perfectamente visible y permite detectar los problemas en su fase inicial. Se obtiene información del proceso en tiempo real y permite la realimentación on-line del sistema.

Un buen indicativo de la fábrica visual es el que transmite al instante su estado y progresión a un hipotético visitante que, de otra manera, tendría que examinar la documentación de oficina para conseguir la misma información.

La *gestión visual* debe cumplir características tales como, simplicidad, familiaridad, evidencia, estímulo, satisfacción, disponibilidad, seguridad, versatilidad, personalización, afinidad, entre otras. A continuación, se indican aspectos para los que sirve la *gestión visual*.

- 1) Indicar al operario sus objetivos de producción en cada momento, teniendo en cuenta lo producido en el pasado y la capacidad futura.
- 2) Transmitir información de forma visual conlleva una autogestión implícita que puede variar positivamente la actitud de las personas con respecto a sus responsabilidades.
- 3) Dar a conocer indicadores de producción.
- 4) Fomentar el trabajo en equipo.
- 5) La consecución de la fábrica visual es un paso hacia la implantación de la filosofía *Lean* y la aplicación de técnicas como el *Kanban*.

JIDOKA

El término evidentemente japonés, está vinculado a la integración y verificación de la calidad al proceso. Se procura la generación de parámetros óptimos de calidad en el proceso, para de esta forma efectuar comparaciones con los estándares establecidos.

La técnica es muy clara en lo que respecta a una no conformidad al momento de efectuar las comparaciones de los parámetros, de esta manera si se detectaran, simplemente detiene el proceso ya que considera que de no darse esta medida y empezar a dar solución al problema, lo que se desencadenaría es la producción indiscriminada de productos defectuosos.

Existen diferentes tipos de sistemas *Jidoka*: visión, fuerza, longitud, peso, volumen, etc., dependiendo del producto se decide qué tipo o diseño de sistema *Jidoka* se debe implantar. El *Jidoka* se usa en las máquinas que se paran de manera automática y/o repentina, o a problemas detectados por los operarios. La idea es que quienes están inmersos en el trabajo sean los responsables de solucionar el problema y como última medida (en los casos que el mantenimiento autónomo no resulte) parar el proceso.



POKA-YOKE

El término “*Poka-Yoke*” viene de las palabras japonesas “*poka*” (error inadvertido) y “*yoke*” (prevenir). Un dispositivo *Poka-Yoke* es cualquier mecanismo que ayude a prevenir los errores antes de que sucedan, o hace que sean muy obvios para que el trabajador se dé cuenta y los corrija a tiempo. La finalidad del *Poka-Yoke* es eliminar los defectos en un producto previniendo o corrigiendo los errores que se presentan lo antes posible.

Para más información sobre la técnica *Poka-Yoke*, véase el Anejo 4.

INDICADOR VISUAL “ANDON”

ANDON es el japonés del cual se deriva el término “alarma” (textualmente se lo traduce como ayuda) en nuestra lengua y efectivamente significa la utilización de métodos visuales y de sonido que indicarán como está llevándose a cabo el proceso a lo largo del tiempo de operación. Al decir que son métodos visuales y de sonido, los mecanismos a utilizar son “luces”, luces de varios colores que, codificadas de acuerdo a una situación especial del proceso, harán notar el problema que se está presentando o simplemente una condición de trabajo en un determinado instante de tiempo.

Para más información sobre la técnica *ANDON*, véase el Anejo 5.

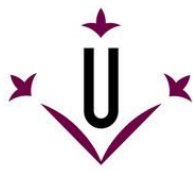
1.3.4.4. Flujo tenso

Como se ha nombrado anteriormente, a la hora de organizar la cadena de valor la prioridad es establecer flujos continuos en todos los puntos en los que sea posible. Sin embargo, hay situaciones que imposibilitan el establecimiento de un flujo continuo:

- Procesos que trabajan por lotes.
- Procesos con diferencias importantes en tiempos de ciclo o tiempos de preparación.
- Procesos con ineficiencias en averías o defectos.
- Procesos alejados en los que es necesario acumular un lote de transferencia lo suficientemente grande como para optimizar el transporte.

En estos casos hay que adoptar distintos sistemas logísticos que tienen como objetivo controlar el nivel máximo de stock en curso (*lead time*) y generar señales de producción en función de los consumos reales en los siguientes procesos.

Hay varios conceptos alrededor de lo que se conoce como “estrategia de producción y gestión de materiales” que es importante tener claros. Un aspecto a tener en cuenta es la forma en la que se planifica la producción, si se planifica en función de los pedidos



recibidos y conocidos (contra pedido), si se planifica en función de las previsiones realizadas sobre las ventas futuras (contra previsión) o si se planifica en función de los consumos registrados en un stock (contra demanda).

A continuación, se presenta una comparación entre el sistema *Push* y el sistema *Pull* para posteriormente poder presentar las técnicas que permitirían establecer un flujo tenso.

Sistemas *Push*: Lanzamientos programados de trabajos basados en previsiones de la demanda. En los sistemas *Push*, un proceso fabrica independientemente de las necesidades que tenga el proceso siguiente.

Sistemas *Pull*: La producción se realiza sobre la base de autorizaciones por medio de señales que se generan con el consumo real. A corto plazo, no se realiza previsiones de la demanda, sino que se fabrica según la demanda real. Sin embargo, sí se utilizan las previsiones de la demanda y la cartera de pedidos para establecer la capacidad de la planta y dimensionar parámetros logísticos como el *takt-time*, número de tarjetas *Kanban*, etc.

En un sistema productivo poco flexible, con producción en lotes altos y capacidad productiva constante, la única forma de responder a la demanda es con niveles altos de stock de seguridad y puntos de pedido altos.

Como hemos dicho anteriormente, hay veces que no es posible establecer la cadena de valor pieza a pieza. En estos casos hay que establecer puntos de almacenaje que permitan controlar el flujo limitando el stock acumulado y generando señales *Pull* para gestionar el flujo de materiales: *supermercados*, *líneas FIFO* o *ConWip*.

Los sistemas *Pull* son una de las claves del *JIT*, producir lo que se necesita, cuando se necesita y en la cantidad que se necesita.

Podemos decir que existen porque no es posible establecer un flujo continuo a lo largo de toda la cadena de valor y sirven para enlazar células o procesos por medio de señales generadas en función de un consumo registrado o un pedido firme.

A continuación, se detallarán herramientas necesarias para establecer un flujo tenso. Del mismo modo que las técnicas presentadas para establecer un flujo continuo, se explicarán más detalladamente en los Anejos del proyecto.

SISTEMA KANBAN

Kankan tal como su nombre lo indica (en su traducción al español) “Señal” o “Tarjeta de Instrucción”, se trata de un sistema que asegura que los operadores de la producción sepan que se debe producir en un determinado instante y sobre todo en qué cantidad. Esto se encuentra establecido en la tarjeta de instrucción, misma que está constituida de información muy importante y precisa del sistema productivo.



Se ha explicado lo que es el *Kanban* y cómo funciona dentro de la industria, ahora de manera concreta se explicará cómo se debe hacer para que la empresa pueda implantar un sistema *Kanban*.

Se debe empezar por lo principal en cualquier proyecto de implementación de una técnica de eliminación de desperdicio, y es por capacitar al personal en todo lo concerniente a lo que busca la técnica, lo que es en sí y de más aspectos como por qué se pretende implementar en la empresa.

Una vez que el personal está al tanto de la técnica en lo que es los principios básicos de ella, es tiempo de implementar el *Kanban*, pero primero en las actividades más complejas del proceso. Esto ayudará, entre otras cosas, a que el personal se adapte y que se detecten aquellas irregularidades que se presentan en las actividades más problemáticas.

Cuando se ha implantado el *Kanban* a las que denominamos las actividades más complejas o problemáticas del proceso productivo, el siguiente paso es el obvio de completar la implantación en el resto de las áreas de la empresa. Esto será una tarea fácil ya que como se mencionó en el paso anterior el personal está capacitado y familiarizado con la técnica producto de su implementación en procesos más complejos.

Una vez que el sistema ha sido implantado, lo lógico es efectuar una revisión de todos los puntos modificados.

A la hora de implantar esta técnica en la empresa, destacan 6 reglas que se deberían seguir:

- 1) El proceso posterior recogerá del anterior los productos necesarios en las cantidades precisas del lugar y momento oportuno.
- 2) El proceso precedente deberá fabricar sus productos en cantidades recogidas por el proceso siguiente.
- 3) Los productos defectuosos nunca deben pasar al procedimiento siguiente.
- 4) El número de *Kanban* debe minimizarse.
- 5) El *Kanban* habrá de utilizarse para lograr la adaptación a pequeñas fluctuaciones de la demanda (ajuste de la producción mediante *Kanban*).
- 6) *Kanban* es un medio para evitar especulaciones.

En referencia a las tarjetas *Kanban*, a continuación, se anota la información que no debe faltar en ella:

- Número de parte del componente y su descripción.
- Nombre/número del producto.
- Cantidad requerida.
- Tipo de manejo de material requerido.
- Dónde debe ser almacenado cuando sea terminado.

- Punto de reorden.
- Secuencia de producción del producto.

SUPERMERCADOS

Los *supermercados* son almacenes con ubicaciones predefinidas por cada referencia en los que hay un tope máximo de stock por referencia (estándar de stock). Dado que nunca se sobrepasa dicho tope, los *supermercados* sirven para controlar el stock en curso y por derivación el *lead time*.

Por otro lado, los *supermercados* se reponen en función del consumo registrado hasta cubrir el límite máximo de acuerdo a un criterio *Pull*. La necesidad de reposición de una referencia concreta genera una señal *Pull* que activa la fabricación o reaprovisionamiento del *supermercado*, se muestra ejemplo en la Imagen 12. De esta manera, los *supermercados* se utilizan para gestionar el flujo de materiales y sincronizar la fabricación con la demanda.

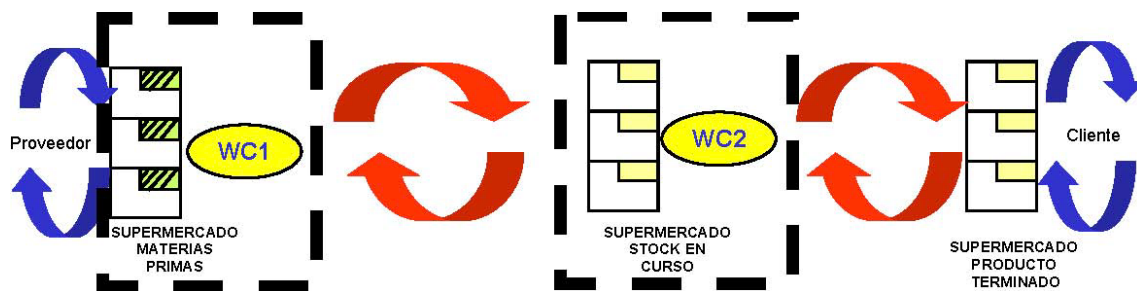


Imagen 12. Flujo en *supermercados*.

LÍNEAS FIFO

Las líneas *FIFO* son zonas de acumulación de stock que enlazan dos procesos que no puedan establecerse en flujo continuo. El concepto de la línea *FIFO* sería algo parecido a un camino de rodillos por gravedad entre dos puntos. Lo primero que entra es lo primero que sale y en el transporte no puede haber más de un número máximo de unidades. Se muestra ejemplo en la Imagen 13.

A diferencia del *supermercado*, la línea *FIFO* se adapta a productos personalizados y con alto potencial de referencias. Lo que controla la línea *FIFO* no es el stock máximo de cada referencia, controla el stock máximo del conjunto de referencias acumuladas.

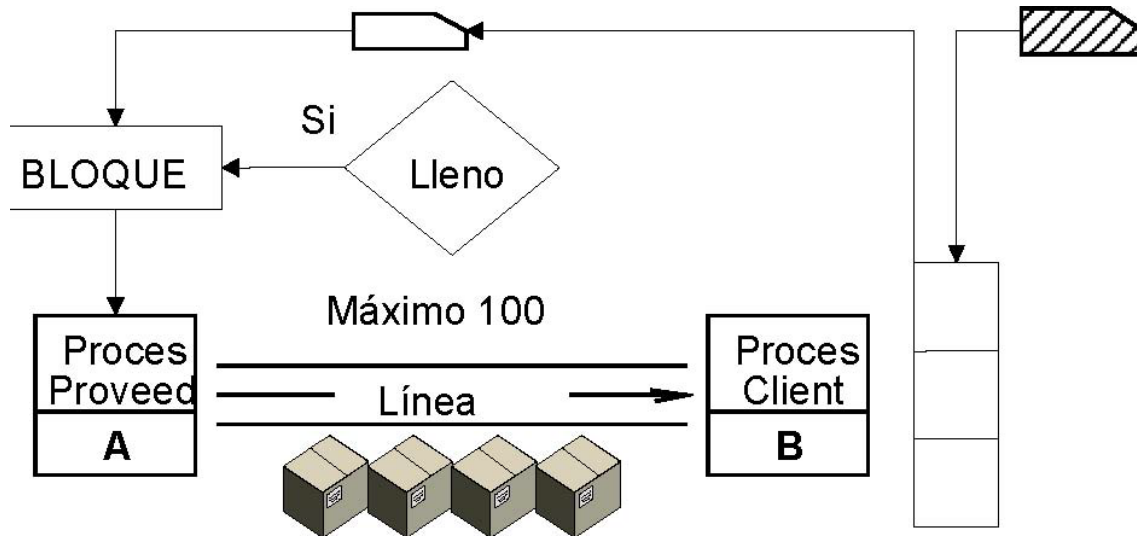


Imagen 13. Supermercado con línea FIFO.

1.3.4.5. Mejora continua

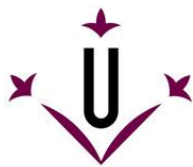
El proceso de mejora continua es un concepto del siglo XX que pretende mejorar los productos, servicios y procesos.

Se basa en una actitud general que debe ser la base para asegurar la estabilización de cualquier proceso y la posibilidad de mejora. Cuando existe crecimiento y desarrollo en una organización o comunidad, es necesaria la identificación de todos los procesos y el análisis medible de cada paso llevado a cabo. Algunas de las herramientas utilizadas incluyen las acciones correctivas, preventivas y el análisis de la satisfacción en los miembros o clientes. Se trata de la forma más efectiva de mejora de la calidad y la eficiencia en las organizaciones.

KAIZEN

La palabra *Kaizen* proviene de dos ideogramas japoneses: “*Kai*” que significa cambio y “*Zen*” que quiere decir para mejorar. Así, podemos decir que *Kaizen* es “cambio para mejorar” o “mejoramiento continuo”.

El pilar fundamental que sustenta el *Kaizen* son los equipos de trabajo, que se emplean para mejorar los procesos productivos. De hecho, *Kaizen* se enfoca a la gente y a la estandarización de los procesos. Su práctica requiere de un equipo integrado por personal de producción, mantenimiento, calidad, ingeniería, compras y demás empleados que el equipo considere necesario. Su objetivo es incrementar la productividad controlando los procesos de producción mediante la reducción de tiempos de ciclo y la estandarización de criterios de calidad y de los métodos de trabajo por operación.



Además, *Kaizen* también se enfoca a la eliminación de los desperdicios que se producen en las empresas manufactureras.

Es importante destacar que las mejoras que se realicen, sean producidas en el marco de grupos multidisciplinarios de trabajo, ya que se pretende que las acciones que se planteen tengan una perspectiva integral de la empresa, sin contar con aspectos trascendentales como son el explotar las virtudes de todo el equipo de trabajo de la empresa y lograr incluso el compromiso de todos en la ejecución.

Los principios básicos para iniciar la implantación de *Kaizen* son los siguientes:

- 1) Descartar la idea de hacer arreglos improvisados.
- 2) Pensar en cómo hacerlo, no en por qué no puedo hacerlo.
- 3) Sin excusas. Comenzar a preguntarse por qué ocurre de forma tan frecuente.
- 4) No busques una rápida perfección, busca primero el 50% del objetivo.
- 5) Si cometes un error corrígelo inmediatamente.
- 6) No gastes dinero en *Kaizen*, usa tu sabiduría.
- 7) La sabiduría surge del rostro de la adversidad.
- 8) Para encontrar las causas de todos tus problemas, pregúntate 5 veces ¿Por qué?
- 9) La sabiduría de 10 personas es mejor que el conocimiento de uno.
- 10) Las ideas de *Kaizen* son infinitas.

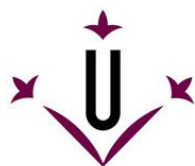
Para más información sobre la técnica *KAIZEN* véase el Anejo 6.

SIX SIGMA

Six Sigma implica tanto un sistema estadístico como una filosofía de gestión. *Six Sigma* es una forma de dirigir un negocio o un departamento enfocada a la calidad total. *Six Sigma* pone primero al cliente y usa cálculos estadísticos y datos para impulsar una mejora en los resultados. Los esfuerzos de dicha técnica se enfocan en tres áreas principales: mejorar la satisfacción del cliente, reducir el tiempo de ciclo y reducir los defectos.

Las mejoras en estas áreas representan importantes ahorros de costes, oportunidades para retener a los clientes, capturar nuevos mercados y construirse una reputación de empresa de excelencia. Podemos definir *Six Sigma* como:

- 1) Una medida estadística del nivel de desempeño de un proceso o producto.
- 2) Un objetivo de lograr casi la perfección mediante la mejora del desempeño.
- 3) Un sistema de dirección para lograr un liderazgo duradero en el negocio y un desempeño de primer nivel en un ámbito global.



1.4. Definición del caso de estudio

En un mercado altamente competitivo, las empresas de manufactura se ven obligadas a mantener un alto nivel de productividad y eficiencia. De este modo serán capaces de competir local e internacionalmente. Así mismo, debido al crecimiento poblacional, la demanda en los diferentes tipos de productos existentes aumenta exponencialmente. El reto de las compañías en el sector industrial es satisfacer las necesidades del mercado, reducir costos y mantener la calidad de sus productos.

En el mercado local de industrias fabricantes de conductores podemos mencionar entre otros: Prysmian Group, Draka Cables, Nexsans, General Cable, etc. El objetivo de esta investigación se centra en Bellpuig Cables, empresa perteneciente al grupo Top Electric y fabricante de conductores de baja tensión y con un amplio catálogo de productos, en el que intervienen varios procesos especificados a continuación.

Previamente al análisis mediante el *Value Stream Mapping* se ha observado que las secciones de extrusión y empaquetado parecen haberse convertido en un cuello de botella dentro del proceso productivo. Este hecho, deriva principalmente de los continuos paros que tienen las máquinas por diversos motivos como, roturas de conductores por falta de lubricación, averías de maquinaria por falta de mantenimiento preventivo adecuado, paros obligados por el elevado consumo energético que supone para la empresa, casi el 50% del total y además dicha sección presenta serios problemas en cuanto a organización y limpieza. Indicar que también se da la falta de aplicación de la metodología 5S en todas las líneas de producción.

A corto plazo estos problemas descritos pueden generar repercusiones tales como las siguientes:

- Retrasos en la salida de productos terminados.
- Aumento en la cantidad de horas hombre/máquina por cada pedido a fabricar.
- Aumento en los costes de energía por mayor uso de maquinaria debido a una baja eficiencia en la producción realizada, siendo esta, de baja calidad y a veces puede que no aprovechable.
- Mayor espera de productos en proceso para ser confeccionados.
- Pérdida de calibración y configuración de las máquinas por falta de mantenimientos autónomos.
- Pérdida de tiempo, confusión y trabajo en exceso debido al mal uso del espacio físico por falta de la aplicación de la metodología 5S.

La definición del presente proyecto se delimita con las siguientes preguntas que marcarán el punto de partida del estudio:

- ¿Son las secciones presentes de estudio eficientes?
- ¿El tiempo de producción es el adecuado?
- ¿La utilización de los recursos (maquinarias y personal) es el adecuado?
- ¿El lugar de trabajo está bien delimitado?
- ¿Los procesos están estandarizados?
- ¿Hay que repetir parte de las diferentes etapas de producción, por no pasar unos mínimos estandarizados de calidad?
- ¿Se pueden habilitar otras maquinarias que no se encuentren en uso?

1.4.1. Proceso fabricación cable eléctrico

Separado del proceso productivo pero dependiente de este se sitúa el almacén de entrada donde se dispone de todas las materias primas para la fabricación de cable (alambrón, XLPE, PVC, etc.).

El proceso productivo del cable eléctrico parte de la materia prima, el cobre o cobre estañado, adquirido en forma de cuerda desnuda rígida de 8mm de diámetro y que se denomina Jumbo, Imagen 10. Cada uno de estos Jumbos puede ser de cobre desnudo o cobre estañado, es de aproximadamente 5 toneladas y viene procedente del almacén de entrada.



Imagen 14. Jumbo

El proceso empieza desenrollando estos Jumbos para su posterior estiraje. El primer paso de todos es el de trefilería, donde encontramos las trefiladoras, Imagen 15. La operación de trefilar consiste en la reducción de la sección del hilo de cobre. En este caso, los Jumbos de 8mm de diámetro se estiran, alargándose y reduciendo su diámetro hasta 2mm. Esto se consigue conduciendo el hilo de cobre por una serie de matrices que lo tensan y estiran de manera que el diámetro disminuye a medida que la longitud aumenta.



Imagen 15. Trefiladoras

Normalmente el hilo de cobre necesita de varios procesos de estiraje, es por eso que esta acción se repite en diferentes matrices cada vez más pequeñas para conseguir el diámetro deseado, en este caso 2mm. Una vez conseguido este nuevo diámetro, el hilo es enrollado en bobinas. Al final, de cada Jumbo, se extraen unas 5 bobinas de hilo con diámetro de 2mm.

Una vez bobinado el hilo, se vuelve a pasar por otro proceso de trefilado. Esta vez el hilo de 2mm de diámetro se convierte en hilos de diámetro 0,25mm, 0,30mm y 0,40mm. En esta parte del proceso de trefilería los hilos se estiran simultáneamente en grupos de 8 o 12.

De este modo, una vez agrupados los 8 hilos de 0,25mm o los 12 hilos de 0,30mm o 0,40mm se procede a hacer las formaciones. Este paso del proceso se realiza en la sección de cuerda, concretamente con los bunchers, máquinas encargadas de trenzar diferentes números de bobinas de estas agrupaciones de hilos para crear los conductores de secciones normalizadas. En la tabla 3 se muestran los valores necesarios para formar cada uno de estos conductores:

Sección normalizada (mm ²)	Número de hilos	Diámetro del hilo (mm)	Número de bobinas
1,5	8	0,25	3
2,5	8	0,25	5
4	12	0,30	4
6	12	0,30	6
10	12	0,40	6
16	12	0,40	9
25	12	0,40	14
35	12	0,40	20

Tabla 3. Formación secciones normalizadas

Una vez llegados a este punto, el cable ya es un conjunto de hilos y tiene el diámetro requerido para cada sección. El siguiente paso es el de recubrirlo con aislamiento.

Depende del destino del cable que se fabrica, el aislamiento será diferente y por lo tanto, es necesario especificar los dos posibles casos que nos podemos encontrar.

En el primero de los casos, el destino del cable es ser un cable unipolar, Imagen 16. En este caso el cable, con nombres comerciales H05V-K, H07V-K, ES05Z1-K, H07Z1-K, H05V2-K, H07V2-K, RV-K o RZ1-K, es recubierto con aislamiento LSHF (etileno-propileno) o PVC (policloruro de vinilo). Para este tipo de cables se destinan dos máquinas extrusoras Tecnocable 90 (líneas LE9 y LE7).



Imagen 16. Cable unipolar

La extrusión es la fase del proceso en la que se añade el aislamiento al cable. Este se consigue calentando el aislamiento y conduciéndolo, ya fundido, a través de unos moldes (cabezal) encajados alrededor del cable que va circulando a una cierta velocidad. Este aislamiento, se engancha a la superficie de la cuerda y se consigue de este modo el cable tal y como lo conocemos. La extrusión del cable tiene dos partes: una primera extrusión de color blanca que es la que le otorga el grosor principal del aislamiento, y una segunda extrusión que le permite añadir una fina capa de color exterior, útil para su diferenciación. Todo y que ambos procesos son idénticos, es por cuestiones económicas, minimizar el coste, que solo se colorea la capa exterior.

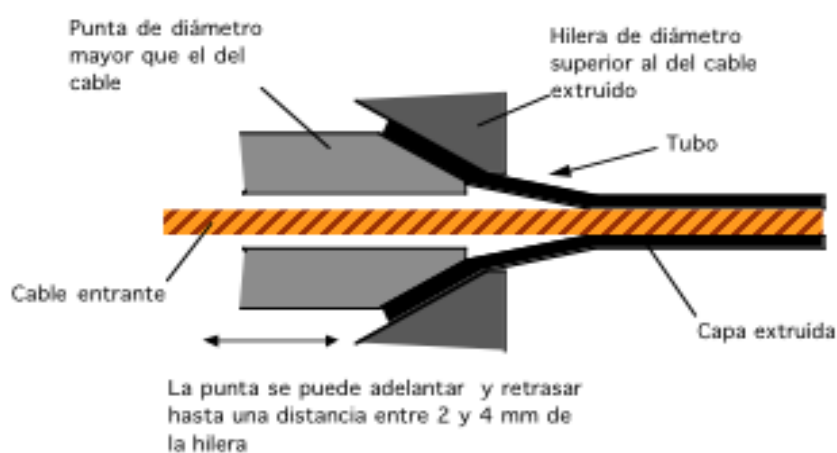


Imagen 17. Proceso de extrusión de aislamiento o cubierta.

Una vez enfriado el cable en bañeras de agua, se vuelve a bobinar y se finaliza el proceso de extrusión. Acabado dicho proceso, se dispone del cable para empaquetarlo y posteriormente almacenarlo.

En el segundo de los casos, el destino del cable es para formar una manguera, una agrupación de varios cables unipolares formando un cable multipolar. En este otro caso, se cubre la cuerda con aislamiento XLPE (polietileno reticulado). Para dicho proceso se dispone de dos extrusoras Tecnocable 90 (línea LE1 y LE5) en la planta.

Cuando ha finalizado esta primera etapa de extrusión del aislamiento, este se dirige a la siguiente etapa que consiste en reunir los diferentes cables que formarán la manguera.

De este modo, para preparar un cable multipolar representado en la Imagen 18, es decir, una manguera de cables, es necesario tener aislados cada uno de los cables unipolares que formarán la manguera. Cuando estos lo están, se agrupan o reúnen en grupos de 2, 3, 4 o hasta 5 conductores. De esta manera, en las máquinas cableadoras (bunchers) se realiza el proceso de cableado de mismo modo que anteriormente se realizaban las formaciones de cuerda.

Una vez trenzado/cableado el cable y disponible en bobinas, repetimos el proceso de extrusión. En la planta hay tres máquinas encargadas de la fase de cubiertas: Sinoestar 120, Tecnocable 120 y Tecnocable 45. Esta segunda extrusión se genera mediante estas tres extrusoras: la secundaria (Tecnocable 120) es la encargada de darle cuerpo/relleno al aislamiento y es de color blanca, la extrusora principal (Tecnocable 120) encargada de darle una capa intermedia para mejorar las prestaciones del cable y la extrusora auxiliar (Tecnocable 45), encargada de dibujar una fina capa exterior del color deseado de la manguera. Una vez enfriado el cable en las bañeras, se vuelve a bobinar.



Imagen 18. Cable multipolar

Llegados a este punto final del proceso, hay la posibilidad de que la manguera sea empaquetada para venderla en pequeñas cantidades, o bien disponer del cable en bobinas para su transporte y distribución en grandes cantidades.

A continuación, en la Imagen 19, se muestra el diagrama de flujo general del sistema productivo de la planta objeto de estudio y en la Imagen 20 se muestra el diagrama de flujo del proceso productivo de la familia de cables Tri-rated, familia en la que se centra el estudio de la aplicación de las técnicas *Lean*. En esta última imagen, aparecen los consumos eléctricos y neumáticos aproximados para cada subproceso.

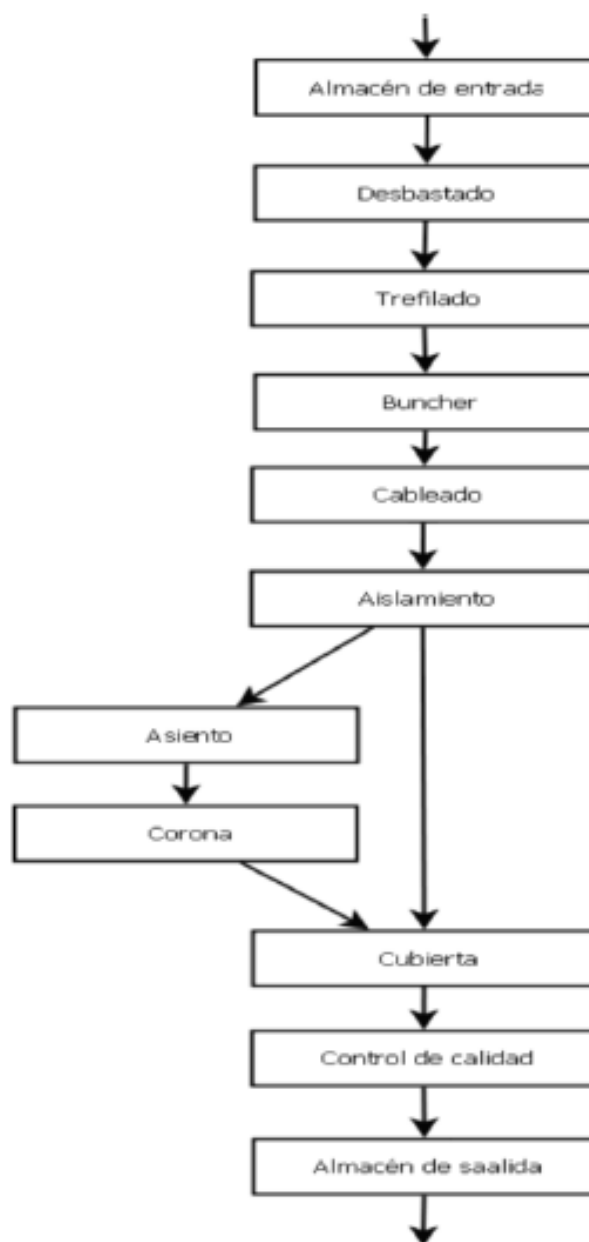


Imagen 19. Diagrama de proceso

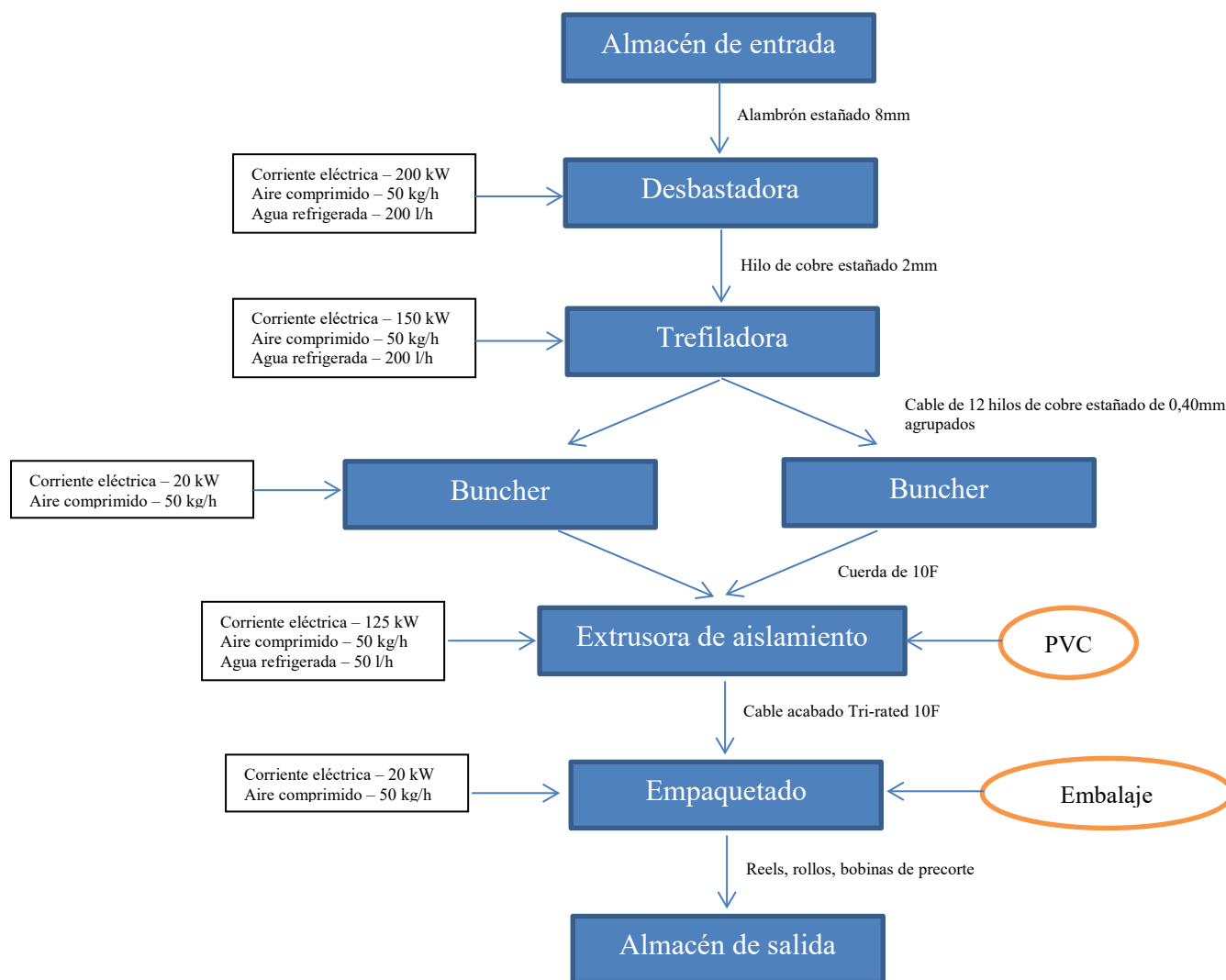
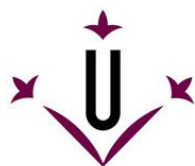


Imagen 20. Diagrama de flujo proceso productivo Tri-rated.



1.5. Análisis y diagnóstico de la situación de partida

1.5.1. Introducción al problema

La dirección de BELLPUIG CABLES, en el Plan Estratégico 2017-2020 incluye como uno de sus objetivos estratégicos el estudio de la aplicación de técnicas *Lean* con la finalidad de mejorar el proceso productivo de la familia de cables Tri-rated, en especial el conductor de sección 10mm².

1.5.2. Selección de la familia de productos y objetivos

Tal y como se apunta anteriormente, el autor va manteniendo varias reuniones con la gerencia de la compañía y la dirección de fábrica para lograr focalizar las acciones sobre una gama de producto con un alto impacto sobre el Plan Estratégico de la empresa y los resultados económicos. La dirección y el autor comparten el criterio de selección de la familia de productos, ya que gran parte de los esfuerzos realizados en el área de operaciones de la empresa se centran en la familia de conductores Tri-rated, más concretamente en el conductor de sección 10mm² el cual ha sufrido el crecimiento de las instalaciones solares fotovoltaicas al no poder abastecer la demanda.

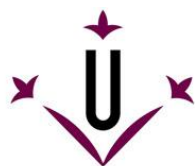
En relación a la creciente demanda que ya se ha comentado del sector fotovoltaico, se decide elegir la referencia del conductor de 10mm² de la familia Tri-rated para mejorar su sistema productivo y conseguir cumplir con las altas exigencias de demandas. Para ello dirección de fábrica ha destinado un grupo de líneas para crear un sistema productivo únicamente para dicha familia ya que consideran que es uno de los ejes estratégicos de la empresa.

Código	Sección
171X010.	10F

Tabla 4. Código de cable en función de la sección y color del aislamiento.

A continuación, de acuerdo con la gerencia de TOP ELECTRIC, el autor define los problemas, los objetivos que se intentarán conseguir y el alcance del *Value Stream Mapping*, que se presentaron a la gerencia de la empresa para su aprobación y que se han introducido en el *Project Charter*, Tabla 5, que se presenta a continuación. Básicamente se pretende conseguir un flujo de producción más continuo e identificar y eliminar las posibles ineficiencias, de manera que se pueda conseguir una mejora en la productividad que se traduzca en una reducción de los retardos en las entregas.

Como restricciones del presente proyecto, se pretende conseguir los objetivos mediante una mejora en la organización del trabajo, sin que comporte la inversión en nuevos equipos ni, en la medida de lo posible, el aumento de la plantilla. No obstante, cuando se



presenten los resultados de la elaboración del *Value Stream Mapping* se estudiarán las propuestas que surjan y se evaluará la conveniencia de adoptar posibles soluciones.

Se elabora el *Project Charter* que se muestra a continuación y que sirve como hoja de ruta de todo este apartado del proyecto y que se presentó a la gerencia para su aprobación.

Título del proyecto	
Elaboración del Value Stream Mapping del conductor 10F de la familia de cables Tri-rated.	
Jefe de proyecto	Propietario del proceso
Mario Quijada	Gerencia
Miembros del equipo	
Operarios secciones: Trefilado, bunchers, extrusión y empaquetado.	
Descripción del problema	
El aumento de la demanda provoca: <ul style="list-style-type: none"> -Sobrecarga en extrusión / empaquetado -Pérdida de tiempo cambio de serie. 	
<ul style="list-style-type: none"> - Retrasos en las entregas -Cuello de botella en extrusión y -Demora en el proceso de empaquetado 	
Objetivos	Métrica
1. Reducción retrasos en las entregas.	Uds retraso / uds demandadas
2. Reducción del <i>Lead Time</i> , nivel máximo de stock de producto en curso.	<i>Lead Time</i> (días)
3- Reducción tiempos muertos en empaquetado.	h.espera / h. disponibles
Resultados económicos esperados	
La reducción del <i>Lead Time</i> conlleva la posibilidad de aumentar la facturación con la familia de cables Tri-rated. La posibilidad de satisfacer completamente la demanda de los cables Tri-rated implica un aumento de la facturación respecto a la situación actual.	
Beneficios esperados para los clientes	
Mayor fiabilidad en las entregas. Posibilidad de aumentar ventas posteriores al poder tener un mayor suministro de cable.	
Recursos disponibles	
Equipo humano y técnico de la empresa.	
Restricciones del proyecto	
Proponer mejoras en referencia a cambios en la organización del Trabajo que no comporten inversiones en maquinaria ni en la contratación de nuevo personal.	
Fecha de inicio	Fecha prevista de finalización
01/10/2018	01/07/2019

Tabla 5. Project Charter

En el momento de la elaboración del *Project Charter* se desconoce cuál es el *Lead Time* actual, dato que se conocerá cuando se elabore el mapa de estado inicial, hecho que implica que no sea posible la cuantificación de los beneficios económicos esperados, ya que están atados al aumento de capacidad derivado de las mejoras detectadas mediante la técnica del *Value Stream Mapping*.

En cambio, sí que se conoce el porcentaje de retraso y los tiempos muertos en los diferentes procesos, ya que son datos incorporados en el sistema de información de la empresa. En los dos casos, el objetivo final es la completa eliminación de los retrasos y tiempos muertos, objetivo ambicioso pero factible.

1.6. Proceso de transformación

1.6.1. Desarrollo del *Value Stream Mapping* del estado actual.

Una vez que se ha descrito el caso de estudio y la metodología a emplear, se empezará por realizar el mapeo de la cadena de valor del estado actual.

Para hacer el dibujo del estado actual se seguirá paso a paso el proceso enumerado en el Anejo 1, explicación del *Value Stream Mapping*.

- i. **Graficar los iconos que representan al cliente, proveedores y el control de producción.** Para nuestra empresa esta parte se muestra en la imagen 21.

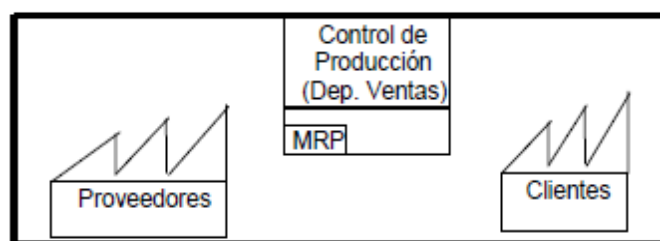


Imagen 21. Iconos de cliente, proveedor y control de producción

- ii. **Anotar dentro de las casillas, requerimientos por día y por mes del cliente.** Lo siguiente es insertar en una caja de datos, junto al gráfico del cliente, los datos que se derivan de los requerimientos que se generan en el sistema. Para esto se anota su demanda estimada promedio, esta demanda es la cantidad de Km de cable del conductor objeto de estudio en el periodo de un día, siendo esta de 120.000 metros.

- iii. **Apuntar en el gráfico de control de producción, la producción diaria y los requerimientos.** En la misma caja de datos que se usó para el punto anterior, se debe añadir los datos de la producción diaria de la empresa y los requerimientos que se generan para cumplir dicha producción. La empresa cumple tres jornadas de trabajo de ocho horas, siendo estas de lunes a viernes de manera regular. De otro lado, los requerimientos están dados por metros y quilos de materia prima que se provee desde el almacén, indicados en el diagrama de flujo de la imagen 20.

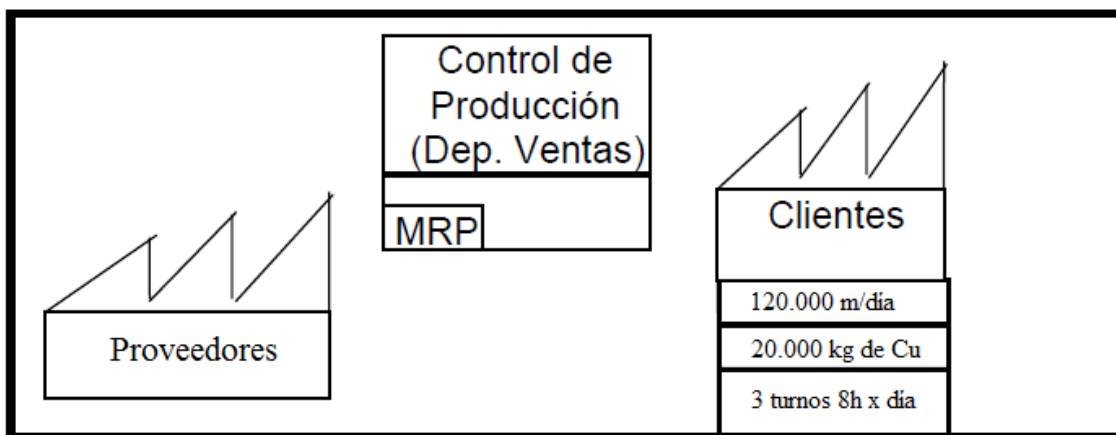


Imagen 22. Colocación de la demanda, requerimientos y trabajo.

En la Imagen 22 se coloca un requerimiento de 120.000 metros de cable al día. Esto responde al promedio de ventas que efectúa la empresa diariamente a lo largo de un mes. Las ventas se distribuyen en el mes de manera muy diversa, es decir, podría ser que un cliente no efectúe ningún pedido en un día y que la siguiente venta se dé luego de golpe. Las ventas promedio son el reflejo de la fluctuación que puede padecer la demanda y nos da un valor estable sobre el que realizar los cálculos. Actualmente desde el almacén central se ha establecido una producción diaria de 120.000 metros para cubrir la demanda actual.

- iv. **Graficar el dibujo que representa las entregas que se efectúan desde la empresa hacia el cliente.** Para continuar el mapa de la situación actual, se procede a dibujar el icono que representa las entregas a los clientes con el icono respectivo. En este punto es importante resaltar que se han considerado entregas como “diarias” aunque no necesariamente se venda en algunos días.
- v. **Dibujar el icono de las entregas, pero esta vez de nuestros proveedores.** Como se menciona en el enunciado, se repetirá lo que se hizo en el punto anterior, pero

para los proveedores, dibujando el icono de las entregas desde el proveedor a la empresa. El tiempo que tarda en llegar a la empresa un pedido es de dos meses, sin embargo, este tiempo podría ser variable ya que las compras se realizan en base a criterios de costes entre otros, y en este contexto, eventualmente se podría comprar un artículo a Corea, Japón, USA u otro país que en un determinado momento se muestre por cualquier razón más atractivo para ser objeto de compra. Esto evidentemente haría que los tiempos de recepción del material fueran mayores o menores dependiendo del caso. Sin embargo, el tiempo de dos meses es el estándar de planificación de las compras en el departamento respectivo, por ello, cuando se realiza una compra se toma como tiempo de respuesta teórico (independientemente de donde proceda el artículo). También hay que considerar que el inventario de materia prima que tiene la empresa está dado por un stock de un mes, o sea, se realizan pedidos considerando plazos de entrega de dos meses de tal manera que lleguen las entregas mensuales que reaprovisionen el stock mensual definido por el departamento de logística. Se representa la frecuencia de entregas por parte del proveedor en la Imagen 23.

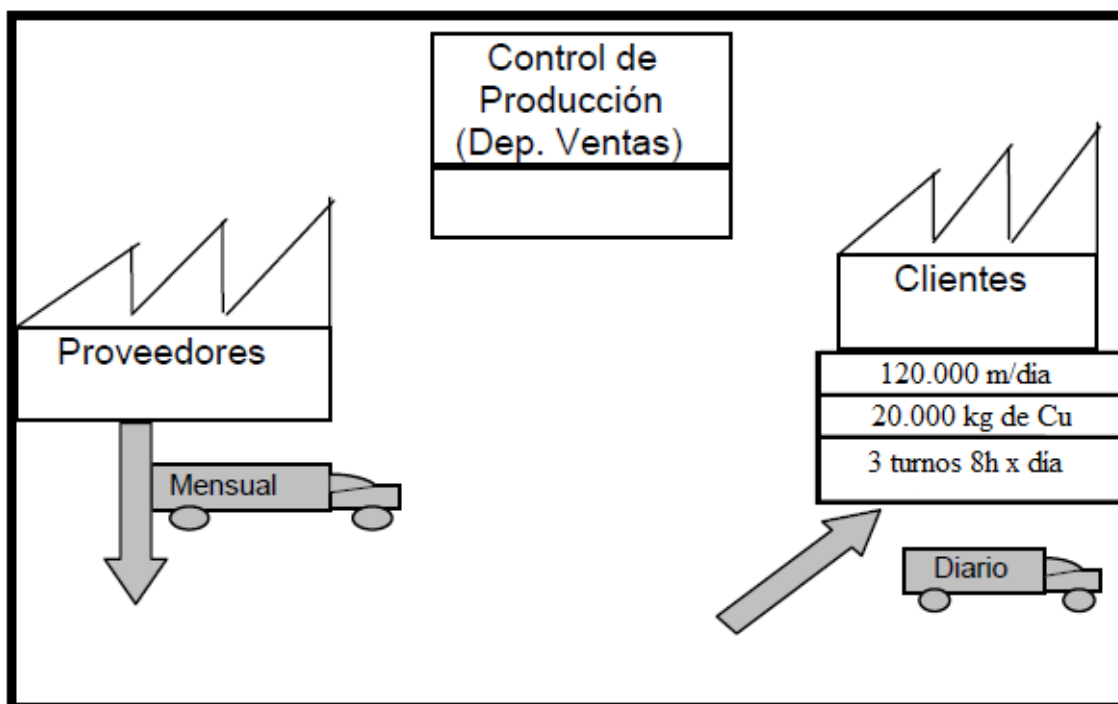


Imagen 23. Representación de las entregas de los proveedores y de la empresa a los clientes.

- vi. **Graficar los iconos de los procesos en su “orden”.** En esta etapa del desarrollo del *Value Stream Mapping* del estado actual, se ubicarán los iconos que representan a cada una de las estaciones que se mencionan en el proceso logístico

expuesto anteriormente. La primera estación en ser dibujada es la de “almacén de entrada”, seguidamente se sitúa la de “trefilado”, la cual engloba al desbastado y trefilado fino, pero que se unifican ya que las dirige el mismo responsable de proceso.

A continuación, el buncheado, para seguir con el proceso de extrusión y finalmente empaquetado.

- vii. **Graficar los iconos de información necesarios.** Una vez que se ubicó a cada una de las estaciones del proceso de la empresa tal como sugiere la técnica, es necesario dibujar las cajas de información de cada una de las estaciones, justamente una bajo cada icono que represente a las estaciones en cuestión. Estos iconos de información contendrán los datos más relevantes para conocer características básicas del proceso en cuestión, tal y como refleja la Imagen 24.

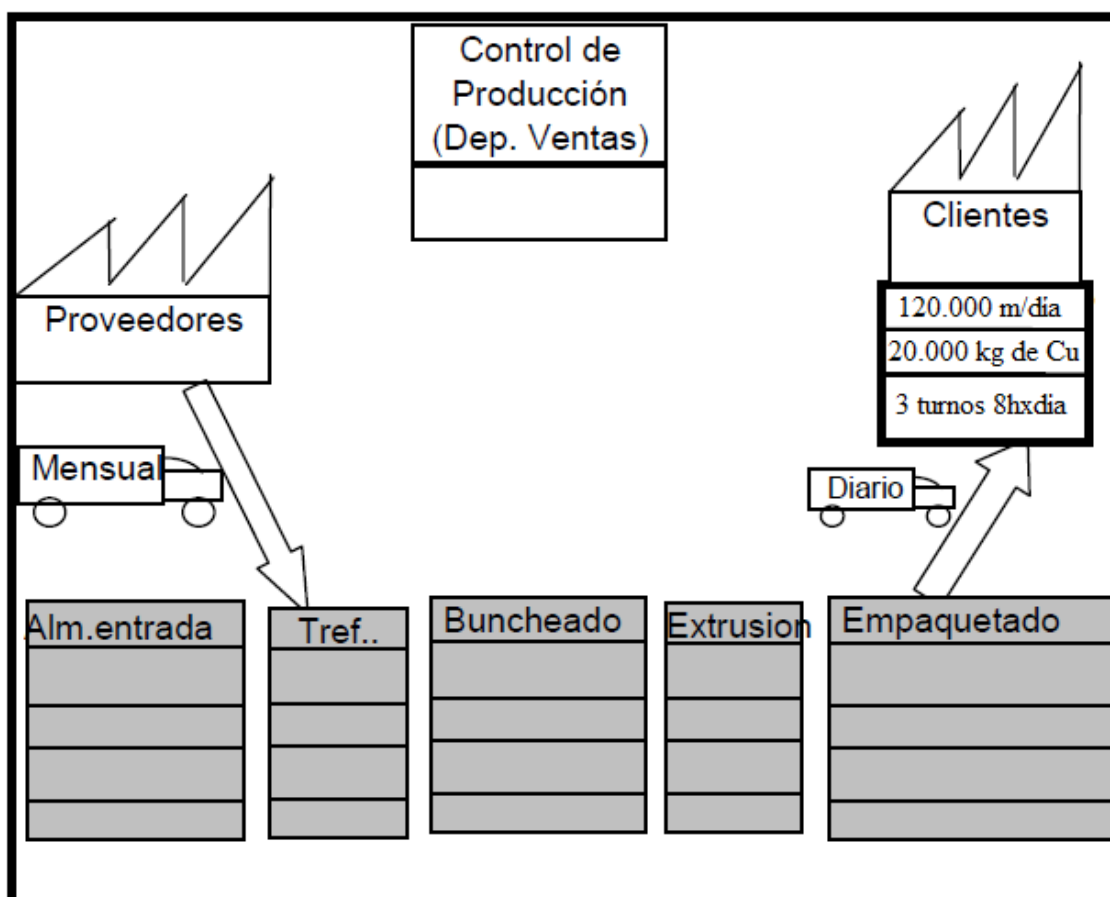
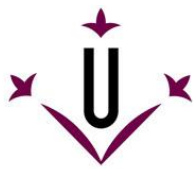


Imagen 24. Colocación de los iconos de proceso e información.

- viii. **Añadir los gráficos concernientes a comunicación e información.** En este punto se ubicarán los iconos de información que fluyen a lo largo de las instancias



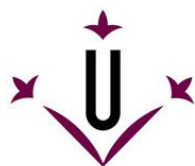
de la cadena logística de la empresa, para empezar, se sitúan los iconos que representan el flujo de información diaria que van desde el control de producción (ventas) hasta las diferentes estaciones de trabajo.

La información que fluye desde el control hasta cada uno de los procesos se ha denotado como diaria en concordancia de lo que se ha expuesto, es decir, considerando que hay un promedio de ventas mensuales que se compone de ventas diarias, aunque en la práctica no es necesariamente este el caso. La información que fluye en la empresa internamente y puntualmente desde ventas hacia las demás estaciones se facilita vía electrónica (correos electrónicos, intranet).

En el caso de la comunicación con el proveedor, no es una comunicación directa, ya que los pedidos son efectuados por el departamento de compras pero basado en un reporte mensual (vía correo electrónico) que envía el departamento de ventas con las ventas mensuales, las tendencias del mercado local y demás información (que luego es debatida con el gerente de compras) que servirá para la planificación de las compras. Del lado del cliente se destaca que los pedidos se realizan de cualquier vía, o sea, correo electrónico, fax o telefónicamente desde el cliente, pero el vendedor podría tomar pedidos ofertando primeramente al cliente y esperando su confirmación por alguna de estas vías (esto se hace constar con las flechas en sentido de ida y otra de vuelta), o podría darse el pedido de manera tradicional, es decir, llegando el cliente a las instalaciones de la empresa y generando una nota de pedido (que luego es trasladada por el vendedor al formato electrónico para su distribución a las estaciones como se ha mencionado).

- ix. **Llevar a cabo las mediciones del proceso de producción e insertar los datos obtenidos en las casillas de información.** Para cumplir este punto de la metodología para el desarrollo del *Value Stream Mapping* del estado actual se ha utilizado la técnica de medición con cronómetros para determinar el tiempo de ciclo de cada proceso (trefilado, bunchers, cableado, extrusión y empaquetado). Se apunta también el tiempo de trabajo disponible de cada proceso (*TTD*) y el tamaño de los lotes de producción.

Únicamente se analiza un tipo de producto concreto (aunque el resto de productos se fabrican con el mismo proceso productivo, pero con ligeras modificaciones de la maquinaria y otros tiempos de funcionamiento) y es por ello que no se determina un tiempo de funcionamiento de máquina ni tampoco de cambio entre productos.



El tiempo de ciclo de almacén está comprendido desde la llegada del pedido a los proveedores generado por medio de la intranet de la empresa y por el departamento de compras, hasta la llegada de la materia prima al almacén.

El tiempo de ciclo de trefilado, es el tiempo que transcurre desde que se comienza a desbastar, para posteriormente trefilar y obtener el producto en curso (bobinas de grupos de conductores de 12 hilos de 0,40mm) que se entregará a la sección de bunchers.

El tiempo de ciclo de la estación de bunchhead es el tiempo comprendido desde que se recibe el conductor de 12 hilos de 0,40mm de procedente de trefilado hasta que se entrega conductor de 72 hilos a extrusión.

El tiempo de la estación de extrusión está determinado por el tiempo que pasa desde que el extrusor recibe las bobinas con el conductor desnudo hasta que se despacha el cable cubierto a la estación de empaquetado.

Por último, la estación de empaquetado, cuyo tiempo de ciclo está comprendido entre el momento que se recibe el cable ya extruido, hasta que se embala y se envía al cliente.

A partir del Anejo 7 se muestran las actividades de cada estación, el procedimiento que se ha de seguir para obtener cada producto, así como instrucciones sobre parámetros de las máquinas y su funcionamiento y normativas de seguridad.

Se ha optado por tomar el tiempo de ciclo completo directamente y no detallar dentro de cada estación el tiempo destinado a las actividades particulares, puesto que el desarrollo de este proyecto no se centrará en realizar un estudio de movimientos en cada estación.

TIEMPO DE CICLO (MIN)	
TREFILADO	51
BUNCHERS	270
EXTRUSIÓN	195
EMPAQUETADO	226
TIEMPO TOTAL DE VALOR AÑADIDO	742

Tabla 6. Tiempo de ciclo para cada estación.

Como se ha indicado anteriormente, la empresa trabaja bajo pedido por lo que no se almacenarán stocks de producto acabado, puesto que el cliente podría solicitar incluso en el mismo pedido cables con diferentes características mecánicas o eléctricas. Para el análisis del mapeo de la cadena de valor se anota un tamaño de



lote diario en función de la demanda mensual, 2.800.000m/mes. Dicha demanda, dividida por el número de días laborables de la empresa durante un mes (24 días) serían 120.000m/diarios que debería empaquetar para cubrir su demanda mensual.

- x. **Insertar respectivamente los símbolos que representan a los operadores y anotar la cantidad de operadores.** Continuando el proceso del mapeo de la situación actual, el siguiente paso es anotar la cantidad de operarios que intervienen en cada estación e insertar sus iconos representativos.

En almacén solo se cuenta con una persona que realiza las actividades de almacenaje y distribución de materia prima, así como de los envíos a los clientes.

En trefilado hay un solo operador que es una persona con un perfil técnico y conocimientos del funcionamiento de las máquinas.

En bunchers también se encuentra un único responsable del proceso, con conocimientos básicos sobre la maquinaria que emplea.

En extrusión hay un responsable de proceso cada dos líneas, ya que se trata de un proceso más complejo y el cual necesita un mayor control.

En la sección final de empaquetado únicamente hay un operario encargado de embalar los pedidos y entregarlos al almacén.

En la Imagen 25 se muestra cómo se han ubicado en el dibujo del mapa de la situación actual, las guías de información y los datos de las estaciones, así como el número de operarios de estas.

- xi. **Agregar iconos de inventarios y días.** Se trabaja bajo pedido como se ha indicado anteriormente, pero eso no implica que no exista la acumulación de inventarios momentáneos al final de determinadas estaciones de trabajo, ya sea por averías de máquinas, bajas de personal o por la misma dinámica de la producción que deja entrever los cuellos de botella del proceso.

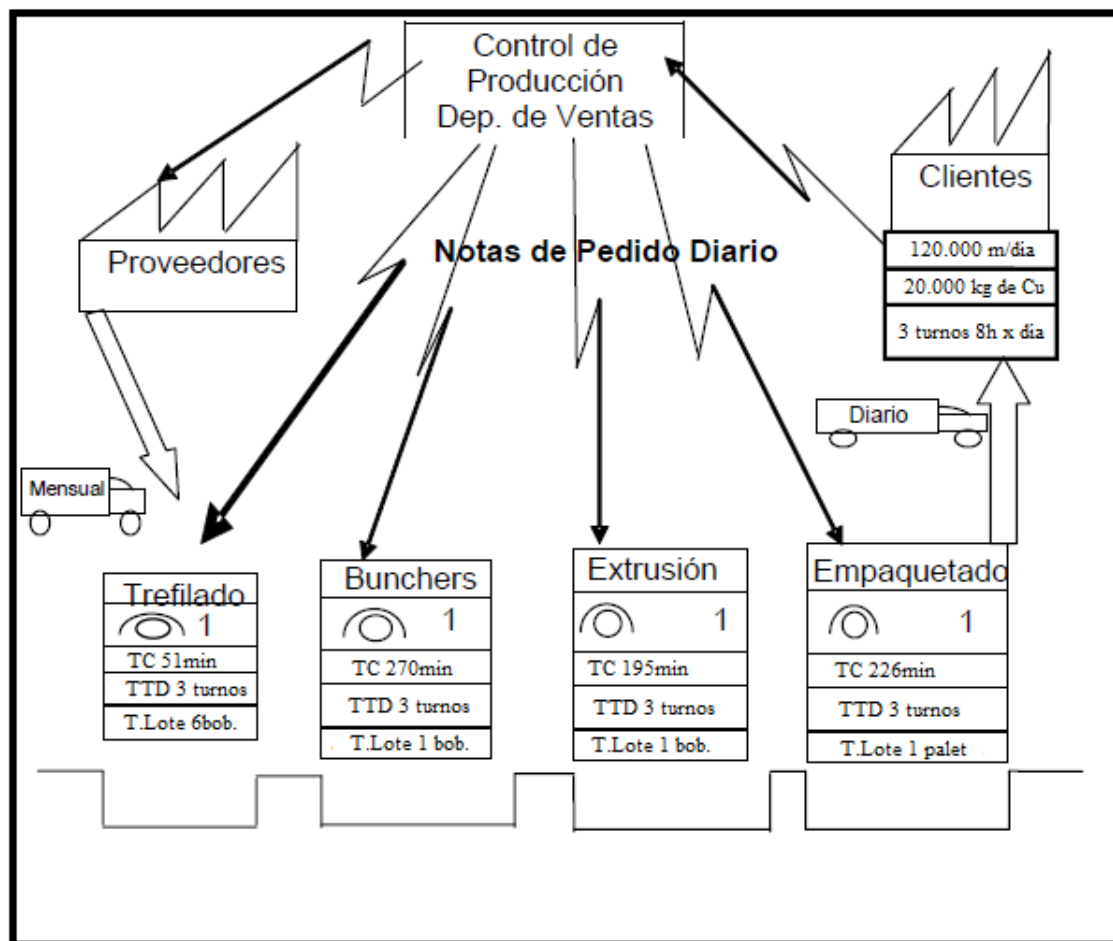


Imagen 25. Medidas de los procesos.

- xii. **Graficar los símbolos del empuje.** Aun cuando el proceso produce bajo pedido y la producción no obedece a ningún tipo de programación basada en pronósticos, dentro del proceso, el flujo no es estirado, sino más bien empujado.

Para poder hablar de flujo estirado, las piezas no deben fabricarse ni avanzar en ausencia de tarjetas *Kanban* y la cantidad de piezas fabricadas debe ser la misma que se especifica en la tarjeta *Kanban*.

De lo expresado es evidente que el proceso que se está estudiando es de empuje ya que aun cuando el cliente dispara la producción de cable, el flujo que siguen los componentes está dictado por un empuje ya que no existe un sistema *Kanban* implementado que proporcione la cantidad de bobinas que se deben utilizar en cada sección. Así que se procederá a dibujar el icono de un “pasillo” para representar el flujo desde trefilado a bunchers y por cuestiones de espacio se



almacenarán máximo 8 bobinas, este hecho configura el funcionamiento de un pasillo *FIFO* de tamaño 8 bobinas.

En lo referente al flujo entre la estación de extrusión hasta la de empaquetado, el flujo es empujado, pero por cuestiones de espacio cada vez que se tenga un máximo de 3 bobinas terminadas, el operario de almacén deberá empezar a transportarlas para ser empaquetadas, sin embargo, esto no implica que se pare la producción de más bobinas cuando se tengas las tres primeras terminadas. Por esta razón se dibujará el icono de empuje entre la estación de extrusión y empaquetado.

- xiii. **Revisar los ciclos del proceso esbelto.** Para este paso se hará uso de la línea de tiempo (que se muestra en la parte inferior de las estaciones de trabajo en la Imagen 26) situando el tiempo de ciclo de cada proceso y el tiempo que generan los inventarios definidos a lo largo de la cadena logística. Estos tiempos se colocan sobre la línea horizontal que está junto a cada icono de las estaciones de trabajo e inventarios respectivamente. Esto ayudará a visualizar de manera resumida los tiempos que rigen cada una de las operaciones individuales.
- xiv. **Calcular el tiempo total y los días requeridos.** El último paso que falta para completar el diagrama de la situación actual de la cadena de valor es calcular los tiempos totales requeridos tanto para el plazo de entrega (tiempo total que tarda un lote en recorrer todo el proceso) y el tiempo de transformación o el tiempo total de valor agregado, que es la suma de los tiempos de ciclo de cada estación. La Tabla 6 muestra el tiempo total permitido de valor agregado del proceso y se explica además por qué no se considera el tiempo de ciclo de la estación almacén para el cálculo del mismo.

Los datos que se deben colocar en el diagrama de la situación actual se ubican en el final de la línea de tiempo, en el costado derecho, indicando el tiempo de transformación bajo el plazo de entrega para guardar concordancia con respecto de la secuencia que siguen los escalones para representar los tiempos de ciclo y el tiempo de inventario en el diagrama.

En la Imagen 26 se muestra cómo se insertan los iconos de inventario, flujo (empuje), la línea de tiempo y el cálculo de los tiempos de transformación y plazo de entrega.

Con la inserción de estos iconos y los datos vinculados a cada uno de ellos, queda completado el diagrama del *Value Stream Mapping* de la situación actual.

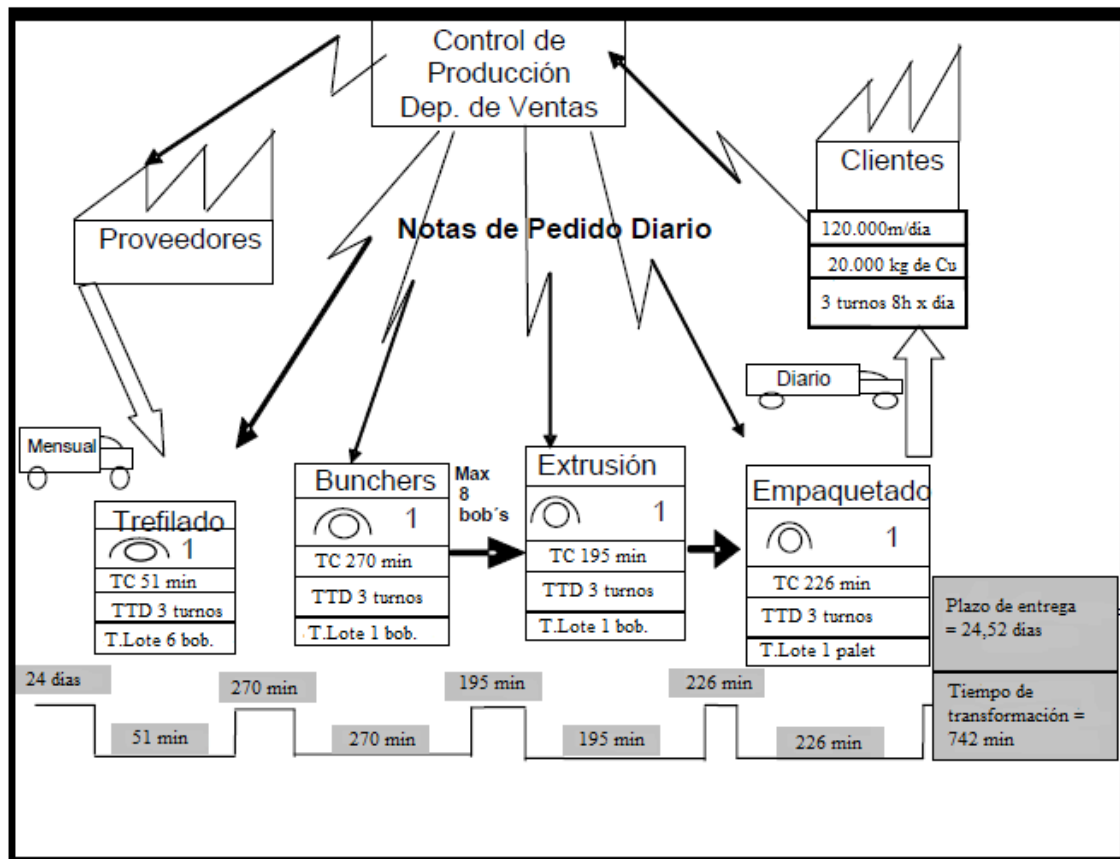


Imagen 26. Iconos de inventario, empuje, línea de tiempo y cálculo.

1.6.2. Medición de indicadores.

A continuación, se definirán algunos indicadores de gestión que ayudarán a visualizar aspectos puntuales del desempeño del proceso.

Producción. Para calcular las unidades producidas en un día de trabajo, se hace uso del tiempo permitido de ciclo de cada estación que ha sido determinado anteriormente en la Tabla 6. En la Imagen 27 se muestra un esquema de la situación de la empresa de acuerdo a la capacidad productiva de cada estación, lo que servirá para determinar la capacidad productiva del proceso.

De dicha imagen se puede observar que la capacidad del proceso está limitada por la capacidad de la estación de empaquetado (cuello de botella), razón por la cual aun cuando el resto de estaciones puedan producir más metros, la empresa solo podrá producir un total de 6 palets de 20.000 metros al día.

TREFILADO (1 operario)	BUNCHERS (1 operario)	EXTRUSION (1 operario)	EMAPQUETADO (1 operario)
TC 51 min	TC 270 min	TC 195 min	TC 226 min
TTD = 1440 min/día	TTD = 1440 min/día	TTD = 1440 min/día	TTD = 1440 min/día
Unidades x día = 28 bobinas/día	Unidades x día = 5 bobinas /día	Unidades x día = 7 bobinas/día	Unidades x día = 6 palets/día

Imagen 27. Capacidades productivas de cada estación

Utilización del personal. Este indicador ayudará a determinar el porcentaje de tiempo de su jornada de trabajo que está siendo utilizado por el responsable de proceso para labores productivas o en otras palabras, cuanto se está utilizando su mano de obra durante una jornada diaria. Para definir este indicador se utilizarán dos datos que se han determinado previamente, el tamaño de lote y la capacidad productiva de cada estación, tomando en cuenta la capacidad de la estación en proporción al número de operarios que tiene.

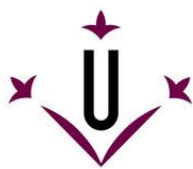
El cálculo de la utilización del personal se muestra en la Imagen 28.

TREFILADO (1 operario)	BUNCHERS (1 operario)	EXTRUSION (1 operario)	EMPAQUETADO (1 operarios)
Prod. día = 12 bob.	Prod. día = 2 bob.	Prod. día = 6 bob.	Prod. día = 6 palets
TTD = 1440min/día	TTD = 1440min/día	TTD = 1440min/día	TTD = 1440min/día
Capacidad = unidades x día = 28 bobinas/día	Capacidad = unidades x día = 5 bobinas/día	Capacidad = unidades x día = 7 bobinas/día	Capacidad = unidades x día = 6 palets/día
Utilización personal = 42,9%	Utilización personal = 40%	Utilización personal = 85,7%	Utilización personal = 100%

Imagen 28. Cálculo de utilización del personal

Como se puede observar en la Imagen 28, la operación que arroja el porcentaje de utilización del personal es una función directa del número de unidades (lote) que se vaya a producir en un determinado momento ya que resulta de la división de las unidades producidas divididas por la capacidad de producción de dicha estación.

Para el cálculo se ha utilizado el tamaño de lote diario definido anteriormente, esto es de mucha ayuda ya que a pesar de que el tamaño de lote es una aproximación de lo que produce diariamente la empresa, al realizar el cálculo de la utilización del personal se identifica claramente las diferencias de porcentajes de utilización del personal en una estación y otra.



Un detalle importante es que, en todas las estaciones, en algunas más que en otras, se realizan diversas tareas no relacionadas únicamente con la producción de producto. Hay tareas como limpieza y orden de la sección de trabajo y mantenimiento de maquinaria, que son realizadas por los responsables de proceso pero que se consideran que no interfieren en el proceso ya que se realizan mientras la maquinaria está en marcha produciendo.

Plazo de entrega. El plazo de entrega es de mucha utilidad para determinar el nivel de cumplimiento de la empresa con sus clientes, ya que contar con plazos de entrega cortos es una de las cuestiones más importantes para la empresa y otro de sus ejes estratégicos. El plazo de entrega que tiene la empresa fue calculado en la Imagen 26. El plazo de entrega, definido en el desarrollo del mapeo de la cadena de valor del estado actual, es el tiempo en que la empresa puede reaprovisionarse y producir los pedidos para ser entregados al cliente, es decir, el plazo en el que podría la empresa cubrir la necesidad de un cliente que hace un pedido especial. Este tiempo se anota a continuación.

Plazo de entrega = 24,52 días.

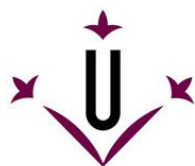
Tiempo de valor agregado. El tiempo de valor agregado es el último indicador que se tratará este apartado como fuente para el análisis de la situación de operación de la empresa. Este es un indicador que también se obtuvo anteriormente. Es el tiempo que se utiliza exclusivamente para las actividades de transformación, por esto es la suma del tiempo permitido de ciclo de cada estación. A continuación, se muestra este valor.

Tiempo de transformación = 742 minutos.

Es la Tabla 7 se muestra el resumen de los indicadores definidos.

Indicador	Valor	Unidades
Tiempo de transformación	742	Minutos
Plazo de entrega	24,52	Días
Unidades producidas (productividad)	6	Palets / día
Utilización del personal:		
Trefilado	42,9	Porcentaje
Bunchers	40	Porcentaje
Extrusión	85,7	Porcentaje
Empaquetado	100	Porcentaje

Tabla 7. Indicadores de gestión del proceso.



1.6.3. Identificar los problemas del sistema productivo.

Una vez terminado el *Value Stream Mapping* en la situación actual, se pueden analizar los aspectos que muestran esta radiografía del proceso e identificar los problemas que presenta el proceso para su posterior tratamiento.

La labor de identificar los problemas del proceso se centra en el análisis de todas las instancias y la información contenida en el *Value Stream Mapping* de la situación actual. Este análisis se desarrolla partiendo desde los proveedores y llegando secuencialmente hasta el cliente. Se anotan los detalles de este análisis a continuación.

En el caso de las relaciones con el proveedor, el stock de un mes (24 días) de materia prima y materiales auxiliares que se ha definido para afrontar la demanda mensual, es relativamente grande ya que el tiempo de 24 días para reaprovisionamiento genera los siguientes efectos mostrados en la Tabla 8.

Alto coste de inventario debido al tiempo que están en almacén los materiales.
Riesgo de caducidad de materiales.
Gran superficie de almacenaje de materiales.

Tabla 8. Efectos negativos del inventario de materia.

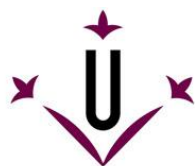
En la estación de trefilado, se detectan algunos problemas que al ser resueltos daría como resultado un mejor desempeño de esta estación, a continuación, se muestran en la Tabla 9.

Larga distancia (120 metros) entre el almacenaje de materia prima de trefilado y su consumo en máquina.
Operativa de control de calidad y validación de recepción de pedidos por parte del responsable de proceso de la estación de trefilado, ocupando tiempo en tareas administrativas.
Baja utilización del responsable de proceso de trefilado.
La sección de trefilado no reúne ciertos requisitos técnicos para el desarrollo de la actividad: sillas, mesas de trabajo pequeñas, iluminación deficiente, etc.

Tabla 9. Problemas en la sección de trefilado.

La estación de bunchers presenta cuatro problemas detectables y de importante trascendencia en su operación actual que hacen necesario el tratamiento con técnicas *Lean* para mejorar el desempeño de esta estación. Se muestran en la Tabla 10.

Ordenamiento no sistemático de las diferentes bobinas de trefilado con diferentes productos, aumentando la pérdida de tiempo desde su recepción hasta su aplicación en bunchers.
Falta de bobinas de Ø800 por estar ocupadas con material innecesario.



Pobre utilización del personal en la estación de bunchers.
La sección de bunchers no reúne ciertos requisitos técnicos para el desarrollo de la actividad: sillas, mesas de trabajo pequeñas, iluminación deficiente, etc.

Tabla 10. Problemas en la sección de bunchers.

Continuando con la secuencia presentada en el *Value Stream Mapping*, seguimos con la descripción de los problemas presentes en la estación de extrusión, que se enumeran en la Tabla 11.

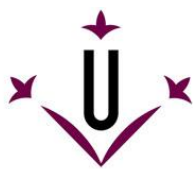
Las herramientas para el proceso de extrusión no están a mano y en muchos casos se usa alguna que no cumple eficientemente el propósito de la operación.
No se aprovecha el tiempo que transcurre mientras se espera a que se calienten las extrusoras en otras actividades productivas.
Existe déficit de operadores en caso de que existan pedidos voluminosos y plazos cortos.
Gran pérdida de tiempo en transporte de materia prima para el proceso de extrusión.
Falta de bobinas de Ø1250 por estar ocupadas con otros productos.
El proceso de extrusión conlleva complejidad de parametrización y manipulación de la maquinaria.
La sección de extrusión no reúne ciertos requisitos técnicos para el desarrollo de la actividad: sillas, mesas de trabajo pequeñas, iluminación deficiente, etc.
El cambio de utillajes se realiza en 2 horas, disminuyendo la producción diaria.
Si el responsable de proceso no está constantemente vigilando la línea es sencillo que aparezcan no conformidades.

Tabla 11. Problemas en la sección de extrusión.

Por último, la estación de empaquetado presenta algunas situaciones que hacen que el proceso no sea más fluido, se anotan en la Tabla 12.

Desperdicio de tiempo y repetición de actividades en la realización de las tareas para llevar a cabo el proceso de empaquetado.
Falta de orden y control del producto en curso a cortar.
Falta de bobinas de Ø1250 por estar ocupadas con otros productos.
Falta de orden y control apropiado de los materiales auxiliares para embalaje.
Muchas incidencias de mantenimiento en empaquetado por maquinaria en mal estado.
El cambio de formato de la línea tarda 8 horas, mucho tiempo productivo.
La sección de empaquetado no reúne ciertos requisitos técnicos para el desarrollo de la actividad: sillas, mesas de trabajo pequeñas, iluminación deficiente, etc.

Tabla 12. Problemas en la sección de empaquetado.



La naturaleza del negocio y esencialmente el producto que se comercializa no es de consumo regular, aunque muchos de los clientes son suministradores mayoristas de cable. Este hecho genera una cartera de clientes bastante fija, aunque se tienen que buscar nuevos clientes constantemente. Por otro lado, la operación del departamento de ventas es muy eficiente ya que el inventario de producto terminado es prácticamente nulo.

El flujo electrónico de información en la empresa es muy eficiente y de mucha utilidad para un desempeño más óptimo, por lo que no hay objeciones sobre cómo se maneja en este aspecto la empresa. Quizás explotar un poco más las bondades de los medios (electrónicos) que utiliza, en aspectos como reducir la cantidad de papel y generar reportes más vinculantes para las operaciones implicadas que así lo necesiten, permitiendo así tener un mayor conocimiento de cada una de las partes del proceso y la situación en la que se encuentran.

En el proceso global se pudieron encontrar algunos problemas que se mencionan a continuación en la Tabla 13.

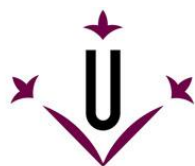
Rígida especialización de los operarios en sus actividades.
Necesidad de conocimientos técnicos concretos según la máquina que se utilice, debido a la poca estandarización y la alta complejidad de los controles.
Mala ubicación de materiales para las diferentes estaciones de trabajo.
Alta variedad de proveedores y productos que proveen.
Falta de bobinas de Ø800 y Ø1250 en muchas ocasiones por estar ocupadas con otros materiales.

Tabla 13. Problemas del proceso general.

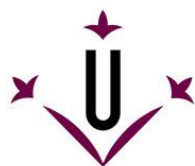
Una vez que se han identificado los problemas más relevantes de cada una de las estaciones y del proceso global, lo siguiente que se realizará es clasificarlos de acuerdo a su naturaleza en culturales, de proceso o tecnológicos. Sabiendo que los problemas de cultura son aquellos que hacen ineficiente el proceso por actitudes, creencias y demás, propias de las personas. Los problemas de procesos son aquellos que se aplican al proceso de producción y los problemas tecnológicos son aquellos que se manifiestan en la aplicación errónea de los conocimientos en las tareas.

En la Tabla 14 se realiza la clasificación de los problemas anotados en cada proceso, ya sea que tengan naturaleza cultural, de proceso o tecnológica.

Alto coste de inventario de materiales.	CULTURA
Riesgo de caducidad de materiales.	CULTURA
Gran superficie de almacenaje de materiales.	CULTURA
Larga distancia entre el almacenaje de materia prima de trefilado y su consumo en máquina.	PROCESO



Operativa de control de calidad y validación de recepción de pedidos por parte del responsable de proceso de la estación de trefilado, ocupando tiempo en tareas administrativas.	PROCESO
Baja utilización del responsable de proceso de trefilado.	CULTURA
La sección de trefilado no reúne ciertos requisitos técnicos para el desarrollo de la actividad: sillas, mesas de trabajo pequeñas, iluminación deficiente, etc.	CULTURA
Ordenamiento no sistemático de las diferentes bobinas de trefilado con diferentes productos, aumentando la pérdida de tiempo desde su recepción hasta su aplicación en bunchers.	PROCESO
Falta de bobinas de Ø800 por estar ocupadas con material innecesario.	PROCESO
Pobre utilización del personal en la estación de bunchers.	CULTURA
La sección de bunchers no reúne ciertos requisitos técnicos para el desarrollo de la actividad: sillas, mesas de trabajo pequeñas, iluminación deficiente, etc.	CULTURA
Las herramientas para el proceso de extrusión no están a mano y en muchos casos se usa alguna que no cumple eficientemente el propósito de la operación.	CULTURA
No se aprovecha el tiempo que transcurre mientras se espera a que se calienten las extrusoras en otras actividades productivas.	CULTURA
Existe déficit de operadores en caso de que existan pedidos voluminosos y plazos cortos.	PROCESO
Gran pérdida de tiempo en transporte para materia prima para el proceso de extrusión.	PROCESO
Falta de bobinas de Ø1250 por estar ocupadas con otros productos.	PROCESO
El proceso de extrusión conlleva complejidad de parametrización y manipulación de la maquinaria.	TECNOLÓGICO
La sección de extrusión no reúne ciertos requisitos técnicos para el desarrollo de la actividad: sillas, mesas de trabajo pequeñas, iluminación deficiente, etc.	CULTURA
El cambio de utillajes se realiza en 2 horas, perdiendo mucha producción.	PROCESO
Si el responsable de proceso no está constantemente vigilando la línea es sencillo que aparezcan no conformidades.	PROCESO
Desperdicio de tiempo y repetición de actividades en la realización de las tareas para llevar a cabo el proceso de empaquetado.	TECNOLÓGICO
Falta de orden y control del producto en curso a cortar.	CULTURA



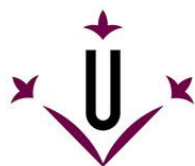
Falta de orden y control apropiado de los materiales auxiliares para embalaje.	CULTURA
Muchas incidencias de mantenimiento en empaquetado por maquinaria en mal estado.	TECNOLÓGICO
El cambio de formato de la línea tarda 8 horas, mucho tiempo productivo.	PROCESO
La sección de empaquetado no reúne ciertos requisitos técnicos para el desarrollo de la actividad: sillas, mesas de trabajo pequeñas, iluminación deficiente, etc.	CULTURA
Rígida especialización de los operarios en sus actividades.	CULTURA
Necesidad de conocimientos técnicos concretos según la máquina que se utilice, debido a la poca estandarización y la alta complejidad de los controles.	TECNOLÓGICO
Mala ubicación de materiales para las diferentes estaciones de trabajo.	CULTURA
Alta variedad de proveedores y productos que proveen.	CULTURA
Falta de bobinas de Ø800 y Ø1250 en muchas ocasiones por estar ocupadas con otros materiales.	PROCESO

Tabla 14. Clasificación de los problemas encontrados.

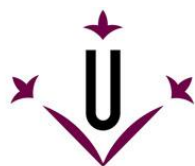
Una vez que se ha clasificado los problemas más importantes que se detectaron en la cadena logística y productiva de la empresa (sin encontrarse problemas tecnológicos significativos), el siguiente paso que se realizará es asignarle una definición de desperdicio a cada uno de los problemas en la Tabla 15. Es decir, los problemas encontrados son causantes de desperdicios que según nuestra definición de desperdicios se podían clasificar en función de su tipología.

Es importante conocer el tipo de desperdicio ante el cual nos encontramos, ya que de esta manera se podrá realizar una selección apropiada de las acciones y técnicas pertinentes, así como su correcta aplicación. Para este menester se muestra a continuación, en la Tabla 15, cada uno de los problemas anotados anteriormente con el tipo de desperdicio asignado.

Problemas	Naturaleza	Desperdicio
Alto coste de inventario de materiales.	CULTURA	INVENTARIO
Riesgo de caducidad de materiales.	CULTURA	INVENTARIO
Gran superficie de almacenaje de materiales.	CULTURA	INVENTARIO
Larga distancia entre el almacenaje de materia prima de trefilado y su consumo en máquina.	PROCESO	MOVIMIENTO
Operativa de control de calidad y validación de recepción de pedidos por parte del responsable de proceso de la estación de trefilado, ocupando tiempo en tareas administrativas.	PROCESO	PROCESO



Baja utilización del responsable de proceso de trefilado.	CULTURA	MOVIMIENTO
La sección de trefilado no reúne ciertos requisitos técnicos para el desarrollo de la actividad: sillas, mesas de trabajo pequeñas, iluminación deficiente, etc.	CULTURA	RRHH
Ordenamiento no sistemático de las diferentes bobinas de trefilado con diferentes productos, aumentando la pérdida de tiempo desde su recepción hasta su aplicación en bunchers.	PROCESO	MOVIMIENTO
Falta de bobinas de Ø800 por estar ocupadas con material innecesario.	PROCESO	ESPERA
Pobre utilización del personal en la estación de bunchers.	CULTURA	MOVIMIENTO
La sección de bunchers no reúne ciertos requisitos técnicos para el desarrollo de la actividad: sillas, mesas de trabajo pequeñas, iluminación deficiente, etc.	CULTURA	RRHH
Las herramientas para el proceso de extrusión no están a mano y en muchos casos se usa alguna que no cumple eficientemente el propósito de la operación.	CULTURA	PROCESO
No se aprovecha el tiempo que transcurre mientras se espera a que se calienten las extrusoras en otras actividades productivas.	CULTURA	MOVIMIENTO
Existe déficit de operadores en caso de que existan pedidos voluminosos y plazos cortos.	PROCESO	ESPERA
Gran pérdida de tiempo en transporte para materia prima para el proceso de extrusión.	PROCESO	MOVIMIENTO
Falta de bobinas de Ø1250 por estar ocupadas con otros productos.	PROCESO	ESPERA
El proceso de extrusión conlleva complejidad de parametrización y manipulación de la maquinaria.	TECNOLÓGICO	RRHH
La sección de extrusión no reúne ciertos requisitos técnicos para el desarrollo de la actividad: sillas, mesas de trabajo pequeñas, iluminación deficiente, etc.	CULTURA	RRHH
El cambio de utillajes se realiza en 2 horas, perdiendo mucha producción.	PROCESO	PROCESO
Si el responsable de proceso no está constantemente vigilando la línea es sencillo que aparezcan no conformidades.	PROCESO	DEFECTOS
Desperdicio de tiempo y repetición de actividades en la realización de las tareas para llevar a cabo el proceso de empaquetado.	TECNOLÓGICO	MOVIMIENTO



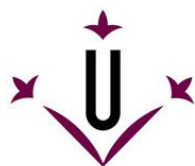
Falta de orden y control del producto en curso a cortar.	CULTURA	MOVIMIENTO
Falta de orden y control apropiado de los materiales auxiliares para embalaje.	CULTURA	MOVIMIENTO
Muchas incidencias de mantenimiento en empaquetado por maquinaria en mal estado.	TECNOLÓGICO	RRHH
El cambio de formato de la línea tarda 8 horas, mucho tiempo productivo.	PROCESO	PROCESO
La sección de empaquetado no reúne ciertos requisitos técnicos para el desarrollo de la actividad: sillas, mesas de trabajo pequeñas, iluminación deficiente, etc.	CULTURA	RRHH
Rígida especialización de los operarios en sus actividades.	CULTURA	RRHH
Necesidad de conocimientos técnicos concretos según la máquina que se utilice, debido a la poca estandarización y la alta complejidad de los controles.	TECNOLÓGICO	RRHH
Mala ubicación de materiales para las diferentes estaciones de trabajo.	CULTURA	MOVIMIENTO
Alta variedad de proveedores y productos que proveen.	CULTURA	INVENTARIO
Falta de bobinas de Ø800 y Ø1250 en muchas ocasiones por estar ocupadas con otros materiales.	PROCESO	ESPERA

Tabla 15. Clasificación e identificación de desperdicios.

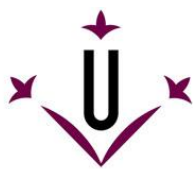
Una vez descritos los problemas y clasificados en función al tipo de desperdicio que pertenecen de acuerdo al proceso de la empresa, se tratarán a todos los problemas encontrados con la misma prioridad y urgencia en la aplicación, tratando de dar solución a cada uno de ellos con la aplicación de las técnicas *Lean* más apropiadas.

En la Tabla 16 se agruparán los problemas en base a su afinidad, es decir, por ejemplo, los de cultura que conllevan a desperdicios de RRHH o los de proceso que generan desperdicios de proceso. Esto ayudará a tener una perspectiva más clara de las técnicas a utilizarse.

Causas de desperdicios	Desperdicio identificado
Alto tiempo de inventario de materiales.	Cultura - Inventario
Riesgo de caducidad de materiales.	Cultura - Inventario
Gran superficie de almacenaje de materiales.	Cultura - Inventario
Alta variedad de proveedores y productos que proveen.	Cultura - Inventario



Baja utilización del responsable de proceso de trefilado.	Cultura - Movimiento
Pobre utilización del personal en la estación de bunchers.	Cultura - Movimiento
No se aprovecha el tiempo que transcurre mientras se espera a que se calienten las extrusoras en otras actividades productivas.	Cultura - Movimiento
Falta de orden y control del producto en curso a cortar.	Cultura - Movimiento
Falta de orden y control apropiado de los materiales auxiliares para embalaje.	Cultura - Movimiento
Mala ubicación de materiales para las diferentes estaciones de trabajo.	Cultura - Movimiento
La sección de trefilado no reúne ciertos requisitos técnicos para el desarrollo de la actividad: sillas, mesas de trabajo pequeñas, iluminación deficiente, etc.	Cultura - RRHH
La sección de bunchers no reúne ciertos requisitos técnicos para el desarrollo de la actividad: sillas, mesas de trabajo pequeñas, iluminación deficiente, etc.	Cultura - RRHH
La sección de extrusión no reúne ciertos requisitos técnicos para el desarrollo de la actividad: sillas, mesas de trabajo pequeñas, iluminación deficiente, etc.	Cultura - RRHH
La sección de empaquetado no reúne ciertos requisitos técnicos para el desarrollo de la actividad: sillas, mesas de trabajo pequeñas, iluminación deficiente, etc.	Cultura - RRHH
Rígida especialización de los operarios en sus actividades.	Cultura - RRHH
Las herramientas para el proceso de extrusión no están a mano y en muchos casos se usa alguna que no cumple eficientemente el propósito de la operación.	Cultura - Proceso
Larga distancia entre el almacenaje de materia prima de trefilado y su consumo en máquina.	Proceso - Movimiento
Ordenamiento no sistemático de las diferentes bobinas de trefilado con diferentes productos, aumentando la pérdida de tiempo desde su recepción hasta su aplicación en bunchers.	Proceso - Movimiento
Gran pérdida de tiempo en transporte para materia prima para el proceso de extrusión.	Proceso - Movimiento
Operativa de control de calidad y validación de recepción de pedidos por parte del responsable de proceso de la estación de trefilado, ocupando tiempo en tareas administrativas.	Proceso - Proceso
El cambio de utillajes se realiza en 2 horas, perdiendo mucha producción.	Proceso - Proceso
El cambio de formato de la línea tarda 8 horas, mucho tiempo productivo.	Proceso - Proceso
Falta de bobinas de Ø800 por estar ocupadas con material innecesario.	Proceso - Espera



Existe déficit de operadores en caso de que existan pedidos voluminosos y plazos cortos.	Proceso - Espera
Falta de bobinas de Ø1250 por estar ocupadas con otros productos.	Proceso - Espera
Falta de bobinas de Ø800 y Ø1250 en muchas ocasiones por estar ocupadas con otros materiales.	Proceso - Espera
Si el responsable de proceso no está constantemente vigilando la línea es sencillo que aparezcan no conformidades.	Proceso - Defectos
El proceso de extrusión conlleva complejidad de parametrización y manipulación de la maquinaria.	Tecnológico - RRHH
Muchas incidencias de mantenimiento en empaquetado por maquinaria en mal estado.	Tecnológico - RRHH
Necesidad de conocimientos técnicos concretos según la máquina que se utilice, debido a la poca estandarización y la alta complejidad de los controles.	Tecnológico - RRHH
Desperdicio de tiempo y repetición de actividades en la realización de las tareas para llevar a cabo el proceso de empaquetado.	Tecnológico - Movimiento

Tabla 16. Clasificación problemas según su naturaleza y el desperdicio vinculado.

1.6.4. Seleccionar las técnicas de mejora.

En este apartado se realizará una de las partes más importantes en la metodología de mejoramiento de procesos que se planteó inicialmente, ya que se trata de determinar las técnicas *Lean* más apropiadas para la eliminación de los desperdicios enumerados. Para ello se hará uso de las técnicas anteriormente explicadas y detalladas para descubrir las bondades de cada técnica y como su aplicación ayudará a eliminar el desperdicio del proceso.

A continuación, en la Tabla 17, se enumeran algunas de las posibilidades de eliminar cada uno de los desperdicios en función de su tipología.

Desperdicio	Formas de eliminarlos
Sobreproducción	Reducir los tiempos de preparación, sincronizando cantidades y tiempos entre procesos, haciendo sólo lo necesario.
Espera	Sincronizar flujos. Balancear cargas de trabajo. Trabajador flexible.
Transporte	Distribuir las localizaciones para hacer innecesario el manejo/transporte.
Proceso	Analizar si todas las operaciones deben de realizarse o pueden eliminarse algunas sin afectar la calidad, el producto o el servicio.

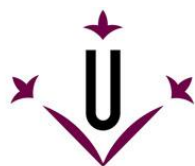


Inventario	Acortar los tiempos de preparación, de respuesta y sincronizarlos.
Movimiento	Estudiar los movimientos para buscar ergonomía y conciencia. Primero mejorar y luego automatizar.
Productos defectuosos	Desarrollar el proyecto para prevenir defectos, en cada proceso ni hacer ni aceptar defectos. Hacer los procesos contra defectos (<i>Poka-yoke</i>).
RRHH	Formar al personal para optimizar su potencial. Motivar intrínsecamente y extrínsecamente.

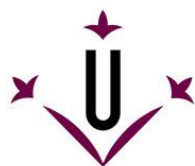
Tabla 17. Tipos de desperdicios y como eliminarlos.

Acogiendo estas sugerencias y aplicándolas a nuestro proceso, sumado al conocimiento de las técnicas como ya se anotó, se podrán escoger las técnicas más apropiadas para mejorar el proceso y eliminar los desperdicios. A continuación, en la Tabla 18, se muestran las técnicas que se aplicarán, adaptadas a cada situación, para la eliminación de los desperdicios. Los detalles de la mejora prevista posteriormente a la aplicación de dichas técnicas *Lean*, se reflejarán en la elaboración del *Value Stream Mapping* del estado futuro.

Causas de desperdicios	Desperdicio identificado	Mejor técnica <i>Lean</i>
Alto tiempo de inventario de materiales.	Cultura - Inventario	<i>Just in Time</i> – Acotar el tiempo de inventario
Riesgo de caducidad de materiales.	Cultura - Inventario	<i>Just in Time</i> – Acotar el tiempo de inventario
Gran superficie de almacenaje de materiales.	Cultura - Inventario	Estandarización
Alta variedad de proveedores y productos que proveen.	Cultura - Inventario	Estandarización
Baja utilización del responsable de proceso de trefilado.	Cultura - Movimiento	Formación cruzada
Pobre utilización del personal en la estación de bunchers.	Cultura - Movimiento	Formación cruzada
No se aprovecha el tiempo que transcurre mientras se espera a que se calienten las extrusoras en otras actividades productivas.	Cultura - Movimiento	Formación cruzada
Falta de orden y control del producto en curso a cortar.	Cultura - Movimiento	Estandarización 5S's Diseño optimizado de la planta
Falta de orden y control apropiado de los materiales auxiliares para embalaje.	Cultura - Movimiento	Estandarización 5S's



		Diseño optimizado de la planta
Mala ubicación de materiales para las diferentes estaciones de trabajo.	Cultura - Movimiento	Estandarización 5S's Diseño optimizado de la planta
La sección de trefilado no reúne ciertos requisitos técnicos para el desarrollo de la actividad: sillas, mesas de trabajo pequeñas, iluminación deficiente, etc.	Cultura - RRHH	5S's Ergonomía
La sección de bunchers no reúne ciertos requisitos técnicos para el desarrollo de la actividad: sillas, mesas de trabajo pequeñas, iluminación deficiente, etc.	Cultura - RRHH	5S's Ergonomía
La sección de extrusión no reúne ciertos requisitos técnicos para el desarrollo de la actividad: sillas, mesas de trabajo pequeñas, iluminación deficiente, etc.	Cultura - RRHH	5S's Ergonomía
La sección de empaquetado no reúne ciertos requisitos técnicos para el desarrollo de la actividad: sillas, mesas de trabajo pequeñas, iluminación deficiente, etc.	Cultura - RRHH	5S's Ergonomía
Rígida especialización de los operarios en sus actividades.	Cultura - RRHH	Formación cruzada
Las herramientas para el proceso de extrusión no están a mano y en muchos casos se usa alguna que no cumple eficientemente el propósito de la operación.	Cultura - Proceso	5S's
Larga distancia entre el almacenaje de materia prima de trefilado y su consumo en máquina.	Proceso - Movimiento	Diseño optimizado de la planta
Ordenamiento no sistemático de las diferentes bobinas de trefilado con diferentes productos, aumentando la pérdida de tiempo desde su recepción hasta su aplicación en bunchers.	Proceso - Movimiento	Estandarización 5S's Diseño optimizado de la planta
Gran pérdida de tiempo en transporte para materia prima para el proceso de extrusión.	Proceso - Movimiento	Estandarización 5S's Diseño optimizado de la planta
Operativa de control de calidad y validación de recepción de pedidos por parte del responsable de proceso de la	Proceso - Proceso	Formación cruzada



estación de trefilado, ocupando tiempo en tareas administrativas.		
El cambio de utillajes se realiza en 2 horas, perdiendo mucha producción.	Proceso - Proceso	<i>SMED</i> <i>5S's</i>
El cambio de formato de la línea tarda 8 horas, mucho tiempo productivo.	Proceso - Proceso	<i>SMED</i> <i>5S's</i>
Falta de bobinas de Ø800 por estar ocupadas con material innecesario.	Proceso - Espera	Stock <i>Kanban</i>
Existe déficit de operadores en caso de que existan pedidos voluminosos y plazos cortos.	Proceso - Espera	Formación cruzada
Falta de bobinas de Ø1250 por estar ocupadas con otros productos.	Proceso - Espera	Stock <i>Kanban</i>
Falta de bobinas de Ø800 y Ø1250 en muchas ocasiones por estar ocupadas con otros materiales.	Proceso - Espera	Stock <i>Kanban</i>
Si el responsable de proceso no está constantemente vigilando la línea es sencillo que aparezcan no conformidades.	Proceso - Defectos	<i>Técnica ANDON</i> <i>Poka-yoke</i>
El proceso de extrusión conlleva complejidad de parametrización y manipulación de la maquinaria.	Tecnológico - RRHH	Formación
Muchas incidencias de mantenimiento en empaquetado por maquinaria en mal estado.	Tecnológico - RRHH	<i>TPM</i>
Necesidad de conocimientos técnicos concretos según la máquina que se utilice, debido a la poca estandarización y la alta complejidad de los controles.	Tecnológico - RRHH	Formación cruzada
Desperdicio de tiempo y repetición de actividades en la realización de las tareas para llevar a cabo el proceso de empaquetado.	Tecnológico - Movimiento	<i>SMED</i> <i>5S's</i> Automatización Estandarización

Tabla 18. Técnicas *Lean* para la eliminación de desperdicios.

1.6.5. Desarrollo del *Value Stream Mapping* del estado futuro.

Con todos los pasos anteriores desarrollados, en este apartado se procederá a diseñar el *Value Stream Mapping* de la situación futura.

Primero de todo se debe obtener el *Takt time*, el tiempo medio entre el inicio de la producción de una unidad y el tiempo inicio de la producción de la siguiente unidad. Como se ha anotado anteriormente, los turnos de trabajo son de 8 horas (480 minutos) por tres turnos diarios, con lo que disponemos de 1440 minutos laborales al día de tiempo



disponible de trabajo y de acuerdo al promedio de ventas mensuales, la demanda diaria que tiene la empresa de cable es de 120km. Con estos datos se puede proceder a calcular el *Takt time*.

$$Takt - time = \frac{1440}{120} = 12 \text{ minutos por cada km de cable}$$

Esto significa que deberá ser extruido un km de cable cada 12 minutos para satisfacer la demanda definida diaria del cliente.

Se deben ubicar de manera precisa los cuellos de botella de las máquinas o estaciones de trabajo, además identificar estaciones de trabajo potenciales. El cuello de botella del proceso ya se determinó en puntos anteriores y son las estaciones de extrusión y empaquetado, incluso se determinó su productividad.

La tarea de tratar que el flujo sea continuo en la empresa es muy compleja siguiendo el actual esquema de trabajo y se deben revisar algunos aspectos entre las estaciones de trabajo ya que lucen muy desniveladas, incluso con otro responsable de proceso (como sucede en la realidad) en las estaciones de extrusión y empaquetado. Teniendo en cuenta la información de la Tabla 18, donde se seleccionan las técnicas apropiadas para la solución de los problemas del proceso y eliminación de desperdicios, el desequilibrio presente del proceso y la baja utilización del personal de algunas estaciones se soluciona con el diseño de una célula de manufactura, entrenamiento cruzado y propiciando el trabajo en equipo.

Primeramente, se deberá disponer un área de trabajo que albergue físicamente las estaciones a unificar y así disponerlas de la mejor manera tal que se consiga la reducción de distancias y tiempos de proceso. Como en nuestro caso no hay necesidad de seleccionar familias de productos, ya que aunque se realizan con diferentes características, el proceso es el mismo. Las estaciones a agrupar son las de trefilado y buncheado ya que se tratan de procesos comunes de los productos y la dedicación del responsable de proceso es baja.

Por lo tanto, las secciones de trefilado y buncheado dejarán de ser estaciones independientes y uno de los responsables de proceso de trefilado hará de unión entre ambas secciones, es decir, apoyará a la sección de trefilado, que será la encargada de alimentar de materia prima a toda la planta y a la vez ejercerá de apoyo a la sección de bunchers, ayudando con tareas auxiliares a esta última. Se deberá entrenar al responsable de proceso en lo relacionado al buncheado y aprovechar sus conocimientos de trefilado para organizarse el tiempo de manera que sepa cuando es necesario apoyar a trefilado, o si por el contrario dispone de tiempo para ayudar en bunchers.

Con el proceso de trefilado y bunchers propuesto, el nuevo tiempo permitido es de 300 minutos (tiempo total del proceso genérico de trefilado más bunchers propuesto, multiplicando por los factores de habilidad y esfuerzo). Con la aplicación de las 5S's en



el puesto de trabajo para facilitar la aplicación de las sugerencias del método expresadas anteriormente y que obedecen al estudio de movimiento basado en los principios de la economía de movimientos, se plantea como expectativa reducir en un 20% el tiempo de bunchers y trefilado, es decir, se estima que se tendrá un tiempo de bunchers y trefilado de 260 minutos aproximadamente.

La administración de inventarios se realizará desde la central, allí en base a los pedidos lanzados semanalmente desde el departamento de ventas y considerando el stock actual (el cual se registra en una intranet), se realizarán pedidos tanto de materia prima como de materiales auxiliares. A final de mes se realizará un inventario mensual con el fin de cuadrar los stocks.

El manejo de los materiales se hará a través de una carretilla elevadora y será cometido del responsable de proceso de almacén ir repartiendo los materiales según lo requiera la demanda de la producción, lo cual le vendrá indicado en la intranet de la empresa. Basándose en un calendario, se tendrá que ir actualizando a medida que se vayan supliendo las diferentes necesidades de las células de trabajo, de este modo se libera a los operarios de las células de trabajo para que únicamente se centren en actividades productivas y poder apoyar a otras secciones con la formación correspondiente.

En empaquetado se creará la figura de un coordinador entre las estaciones de extrusión y empaquetado, cuyo objetivo será gestionar el personal entre ambas estaciones, de modo que pueda adjudicar tareas de extrusión a un responsable de proceso de empaquetado cuando la carga de trabajo de esta última estación se lo permita y atender diferentes incidencias que se puedan dar en ambas estaciones.

El tiempo que se toma la célula de extrusión para preparar materiales auxiliares, materia prima, y otros, es de 25 minutos (sin contar los aspectos administrativos). Con la aplicación de las 5S's y el apoyo del logístico de almacén se espera que se reduzca en un 40% dicho tiempo, es decir, a 170 minutos y que los aspectos administrativos tanto de inventarios como etiquetaje sean realizados por los responsables de la sección y el logístico de almacén.

Sobre los inventarios de producto en curso existentes entre todas las estaciones se establecerá un sistema *kanban* que consistirá en marcar unos stocks mínimos de material para la estación consumidora, que una vez superados se notificará a la estación anterior para reiniciar de nuevo el proceso de fabricación de modo que se intente liberar la ocupación de bobinas sin planificación y organización.

Resto a los altos tiempos de cambio de formato de máquina en empaquetado y cambio de utillajes en extrusión, procesos que se deben realizar frecuentemente, se aplicará la técnica *SMED* con la finalidad de intentar externalizar las tareas que se puedan realizar

con máquina en marcha y reducir al máximo el tiempo de las tareas que se deban realizar con máquina parada.

Se ha considerado la reducción del 20% aproximadamente en los procesos donde se aplica las 5S's ya que esta técnica asegura un margen de hasta el 50% de eliminación de los desperdicios y tiempos, así que se ha establecido un margen conservador derivado del ordenamiento de los objetos y el fácil alcance de las herramientas y disciplina de la estandarización. Se presenta un resumen de los nuevos tiempos estimados en la Tabla 19.

ACTIVIDAD	TIEMPO (MIN)	Nº DE OPERARIOS
Trefilado – Bunchers	260	2
Extrusión	170	1
Empaquetado	180	1
TIEMPO PERMITIDO CICLO	610	

Tabla 19. Resumen de la secciones finales.

A continuación, en la Tabla 20, se muestra un contraste entre la situación actual de operación de la empresa en sus distintas estaciones de trabajo y como se proyecta tras la implantación de las modificaciones en las diferentes secciones. Seguidamente se presenta la Imagen 29, donde se detalla de manera gráfica el contenido de la Tabla 20.

Trefilado	Bunchers	Tref+bunch.	Extrusión	Empaquetado
Actual	Actual	Proyectado	Actual	Proyectado
1 RP	1 RP	2 RP's	1 Téc.	1 RP
TC (min)	TC (min)	TC (min)	TC (min)	TC (min)
51	270	260	195	180

Tabla 20. Comparativa capacidades productivas (Implantación de *Lean*)

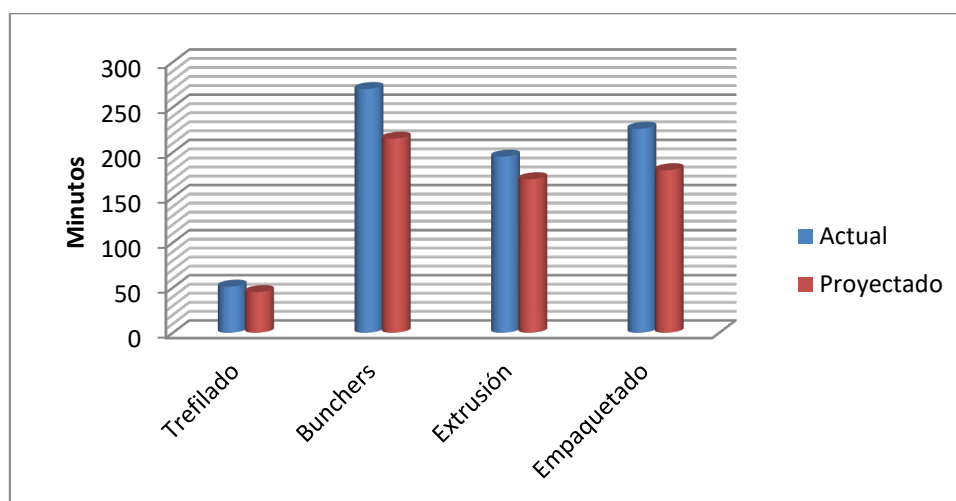


Imagen 29. Resultado comparativo de la mejora de las células.

Otro objetivo *Kaizen* respecto a las compras, es que a pesar de que se adquieren desde muchos proveedores, sí se debe procurar de manera imperiosa que no exista una variedad tan grande de diferentes proveedores, o sea, procurar de estandarizarlos. Por ejemplo, tener solo tres tipos de proveedores de cobre, de modo que se pueda tener una trazabilidad sencilla de los materiales y que la materia prima consumida sea bastante homogénea independientemente del proveedor que la suministre.

La actual forma de programación de la producción o mejor dicho del estilo de producción (bajo pedido) que tiene la empresa es el más apropiado para la industria a la que pertenece.

A continuación, en la Imagen 30, se muestra el *Value Stream Mapping* de la situación futura. En la imagen se describe el tiempo de transformación y el tiempo de entrega al final de la línea de tiempo y se calculan igual que en la situación actual.

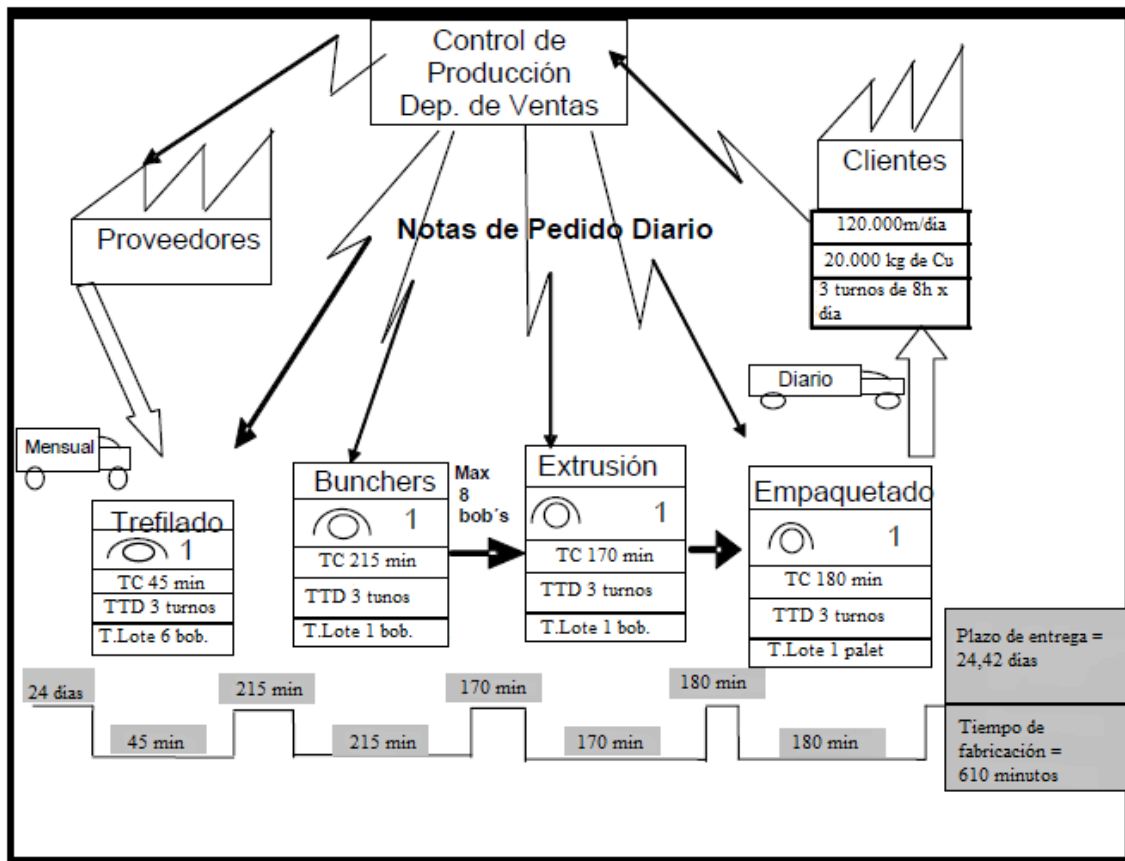


Imagen 30. Value Stream Mapping estado final.



1.7. Planificación

La planificación para poder implantar el proyecto en la empresa es sencilla ya que únicamente desde el punto de vista logístico consiste en reorganizar al personal ya existente y formarlo en los diferentes campos de especialidad.

El resto es realizar una inversión económica que se valorará en el presupuesto y que implica la adquisición de herramientas para cada puesto de trabajo y reorganizar las áreas definidas actualmente.

Estimando una formación por responsable de proceso de un mes y con la valoración económica que se cita a continuación, la implantación del proyecto puede estar en pleno funcionamiento en el transcurso de 2 meses. Tiempo suficiente para reorganizar secciones, formar personal y realizar todas las actuaciones documentales necesarias.

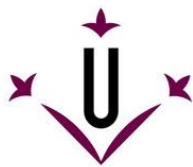
1.8. Presupuesto

El cálculo del presupuesto de este proyecto se basa en dos partidas diferenciadas. Por un lado, se determinarán los costes de personal asociados a un equipo de ingenieros industriales, y por otro lado, se tendrá en cuenta los costes asociados a las inversiones en materiales y mano de obra para la implantación del proyecto.

En el presupuesto se ha diferenciado el coste teórico que supondría haber realizado el proyecto y el coste total real que ha supuesto para la empresa. Hay que considerar que el material que se ha comprado y por lo tanto, la inversión realizada, es para la implantación del presente proyecto a todas las líneas de producción de la empresa.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	COSTE REAL
Tiempo, en horas, dedicado al diseño y desarrollo del proyecto.	360	25,00 €	9.000 €	0 €
Herramientas implantación	604,5	17,75 €	10.730 €	10.730 €
Material y mano de obra para la implantación de la intranet.	1	21.254,00 €	21.254 €	21.254 €
Material de oficina para la identificación de bancos de trabajo, zonas, entre otros.	1	424,35 €	424,35 €	424,35 €
Cinta para el marcaje del suelo (rollos)	15	22,15 €	332,25 €	332,25 €
TOTAL COSTE REAL EMPRESA			32.740,6 €	

Tabla 21. Costes totales de la implementación del proyecto.



1.9. Impacto medioambiental

Todas las actuaciones industriales presentan una serie de impactos ambientales que se deben tener en cuenta en el desarrollo y la implementación de proyectos con la finalidad de eliminarlos o minimizarlos tanto como sea posible. El objetivo de este apartado es analizar las repercusiones ambientales que supone la aplicación del estudio, por lo tanto, se procede a analizar cuáles son los aspectos medioambientales susceptibles de variar con la implantación de las diferentes herramientas expuestas.

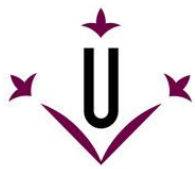
En este sentido, se debe tener en cuenta que el objetivo del presente proyecto es la aplicación de técnicas *Lean* para conseguir reducir tiempos muertos del sistema productivo y mejorar la eficiencia. Esto implica que, en general, no hayan variado los procesos productivos ni las máquinas utilizadas, sino aspectos organizativos que permiten aumentar la productividad de los departamentos de producción, por lo que se puede suponer que el impacto ambiental se verá reducido debido a que la misma producción se logrará con menos horas de trabajo.

La aplicación de las soluciones expuestas anteriormente no supone una modificación en la demanda de los clientes ni un aumento de la producción, sino que supone que la demanda será conseguida en un menor tiempo y, por lo tanto, la necesidad de realización de horas extras se verá reducida. Este factor implica que el uso de la maquinaria implicada será menor, conllevando así una reducción del consumo de energía eléctrica y del impacto ambiental asociado. Este hecho también tiene repercusiones sobre los residuos generados por el mantenimiento periódico de las máquinas implicadas, que se realiza en periodos fijados sobre el tiempo de funcionamiento. Debido a que el tiempo de funcionamiento para satisfacer la demanda será menor, los residuos generados por cada unidad de producto (principalmente lubricantes) disminuirán.

En relación a los residuos propios de la fabricación del cable eléctrico, como el polietileno, colorante, embalajes, cobre, etc., las soluciones expuestas no implican modificaciones sobre el número de unidades a fabricar ni modifican los procesos que los generan, por lo tanto, se mantendrán iguales que en la situación inicial.

Por último, también trataremos el impacto medioambiental generado en la elaboración del proyecto siendo este no es muy importante, sin embargo, siempre existe alguna relación con el mismo. En este caso se realizará un breve resumen del consumo de energía eléctrica para el desarrollo del proyecto.

Teniendo en cuenta un trabajo de unas 14 semanas con 7 días por semana y una media de 4 horas al día, hace un total de 392 horas. Por otro lado, el desarrollo del proyecto requiere de un consumo eléctrico constante entre los cuales se encuentran los relacionados con la



informática (ordenador, monitor, etc.), la iluminación y el aire acondicionado, entre otros. Sumando todos estos factores, el consumo eléctrico se aproxima a 3kWh.

A partir de los datos de Red Eléctrica Española (REE) se van a extraer las emisiones de CO₂ que correspondería a este consumo eléctrico dependiendo de donde provenga esta energía.

Teniendo en cuenta que el total de energía consumida suma 3kWh x 392 horas = 1176 kWh, se obtiene una emisión de 0,3 toneladas de CO₂ para la realización del proyecto.

1.10. Conclusiones

En este punto de la realización del presente proyecto se presenta un balance general acerca del recorrido que significó el desarrollo de este trabajo y los resultados que se obtuvieron en el mismo.

- El análisis del *Value Stream Mapping* inicial permitió identificar los problemas y desperdicios que se encontraban presentes al inicio del estudio y que afectaban al desempeño de la línea de producción. Entre los desperdicios encontrados están: tiempos excesivos de valor no añadido, stock elevado, movimientos innecesarios por parte de los operaciones e inexistencia de flujo, entre otros.
- El nuevo sistema de proceso que consta de la unión de las secciones de trefilado y bunchers, fue el origen de la implementación del flujo regular e ininterrumpido, eliminando así las operaciones independientes que se presentaban anteriormente.
- La aplicación de las 5S's contribuyó a la reestructuración de los espacios dentro de cada departamento contribuyendo así al incremento del área de trabajo para los operarios y permitió liberar un 25% de espacio. Este hecho hace que la incorporación de nuevos proyectos para la empresa sea más viable.
- La reducción de los lotes con los que se trabajaba ha contribuido a la reducción del WIP en aproximadamente un 30% en comparación con las cifras reportadas en el año 2017.
- La introducción de herramientas adecuadas en cada sección contribuyó a la consolidación del flujo a través de *sistemas Pull* y trajo como consecuencia una disminución significativa en el tiempo de operación en un 18%.



- La implementación de check-lists en cada célula de trabajo permitió disminuir los defectos encontrados en el test final de calidad, reduciendo en un 65% los problemas de este tipo.
- La creación de un estándar de trabajo en producción facilita la incorporación de nuevos operarios en planta.
- La gestión visual facilita el flujo de información en la empresa, tanto para los operarios como para los responsables de departamento.

1.11. Bibliografía

REYES AGUILAR, Primitivo. "*Manufactura Delgada (Lean) y Seis Sigma en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones*". Contaduría y Administración. 2002.

Hamind, N. "*Administración de operaciones y producción*". McGraw-Hill. 2000.

Brue, G. "*Six Sigma for Managers*". Columbus: McGraw-Hill. 2002.

CHASE, R. "*Operation Management for Competitive Advantage*". New York: McGraw-Hill. 2002.

FELD, William. "*Lean Manufacturing: Tools, Techniques and how to use Them*". New York: APICS The Educational Society for resource management. 2002.

SHINGO, S. "*Una Revolución en la Producción: el sistema SMED*". Cambridge: Productivity Press Cambridge. 1997.

Mike Rother & John Shook. "*Learning to See, Value-Stream Mapping to Create Value and Eliminate Waste*". Lean Enterprise Institute. 2009.

Nash, M.; Poling, S. "*Mapping the total Value Stream*". New York: CRC Press, 2008.

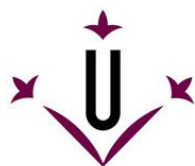
Lluís Cuatrecasas Arbós. "*Lean Management. La gestión competitiva por excelencia*". Profit editorial. 2010.

Néstor Gavilán Ferrer. "*Diseño, Implantación y Mejora de Procesos de Producción*". Clase ENGIPLANT. 2014.

Jeffrey K. Liker "*Las claves del éxito de Toyota: 14 Principios de Gestión de Fabricar Temas Grandes del Mundo*". Gestión 2000. 2006.

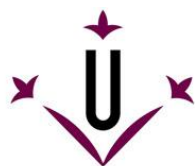


2. ANEJOS



ÍNDICE ANEJOS

2.	ANEJOS	90
2.1.	Anejo 1. <i>Value Stream Mapping</i>	92
2.2.	Anejo 2. Técnica <i>SMED</i>	97
2.3.	Anejo 3. Técnica <i>JIT</i>	98
2.4.	Anejo 4. Técnica <i>POKA-YOKE</i>	100
2.5.	Anejo 5. Técnica <i>ANDON</i> (INDICADOR VISUAL).....	101
2.6.	Anejo 6. Técnica <i>KAIZEN</i>	103
2.7.	Anejo 7. Procedimiento de desbaste del Cu y Al	104
2.8.	Anejo 8. Procedimiento de trefilado fino del Cu	108
2.9.	Anejo 9. Procedimiento de buncheado y cableado	112
2.10.	Anejo 10. Procedimiento de extrusión.....	114
2.11.	Anejo 11. Procedimiento de empaquetado.....	123



2.ANEJOS

2.1. Anejo 1. *Value Stream Mapping*

A continuación, se enumeran los pasos que se deben seguir al momento de generar un mapa de la situación inicial o actual de la cadena de valor en la empresa:

- i. Graficar los iconos que representan al cliente, proveedores y el control de producción. El icono del cliente y proveedor deberán estar situados a los extremos uno del otro, a fin de representar el inicio y fin de la cadena de valor, mientras que el de control de producción estará al centro y en la parte superior.
- ii. Anotar dentro de las casillas, requerimientos por día y por mes del cliente, estos son datos que se consiguen en documentación contenida en los departamentos de ventas de la empresa.
- iii. Apuntar en el gráfico de control de producción, la producción diaria y los requisitos que esta genera para la producción que se anotó.
- iv. Graficar el dibujo que representa las entregas que se efectúan desde la empresa hacia el cliente, es importante que se tengan en cuenta las frecuencias de entrega.
- v. Dibujar el icono de las entregas, pero esta vez de nuestros proveedores hacia la planta, también teniendo en cuenta las frecuencias de entrega.
- vi. Aplicar lo visto hasta este punto, o sea graficar los iconos de los procesos en su “orden”, ubicándolos de izquierda a derecha, que según lo dispuesto correspondería en sucesión a los extremos donde se encuentran los iconos de los proveedores hasta el otro extremo donde se sitúa el icono de los clientes. Por lo descrito es conveniente que los iconos de proveedores y clientes se dibujen de izquierda a derecha respectivamente.
- vii. Graficar los iconos de información necesarios, bajo cada icono de proceso que se halla dibujado, con la finalidad de apuntar en estos últimos la información adquirida de dicho proceso.
- viii. Añadir los gráficos concernientes a comunicación e información, destacando la frecuencia en que se ejecuta.
- ix. Llevar a cabo las mediciones del proceso de producción e insertar los datos obtenidos de lo mencionado, en las casillas de información que se mencionó añadir bajo los iconos de los procesos.
- x. Insertar respectivamente los símbolos que representan a los operadores y anotar la cantidad de operadores, además.
- xi. Agregar iconos de inventarios y días.
- xii. Graficar los símbolos del empuje.

- xiii. Hacer constar alguna otra información que se estime necesaria tomar en cuenta y que evidentemente sea de utilidad para el proceso.
- xiv. Anotar las horas del proceso.
- xv. Efectuar un vistazo a los tiempos de ciclo del proceso.
- xvi. Calcular el tiempo total y los días requeridos.

A continuación, se muestra un gráfico (Imagen 31) que ilustra el proceso que se detalló y cómo debería quedar el dibujo del mapeo en esta etapa, es decir, el mapa de la situación actual para una empresa X:

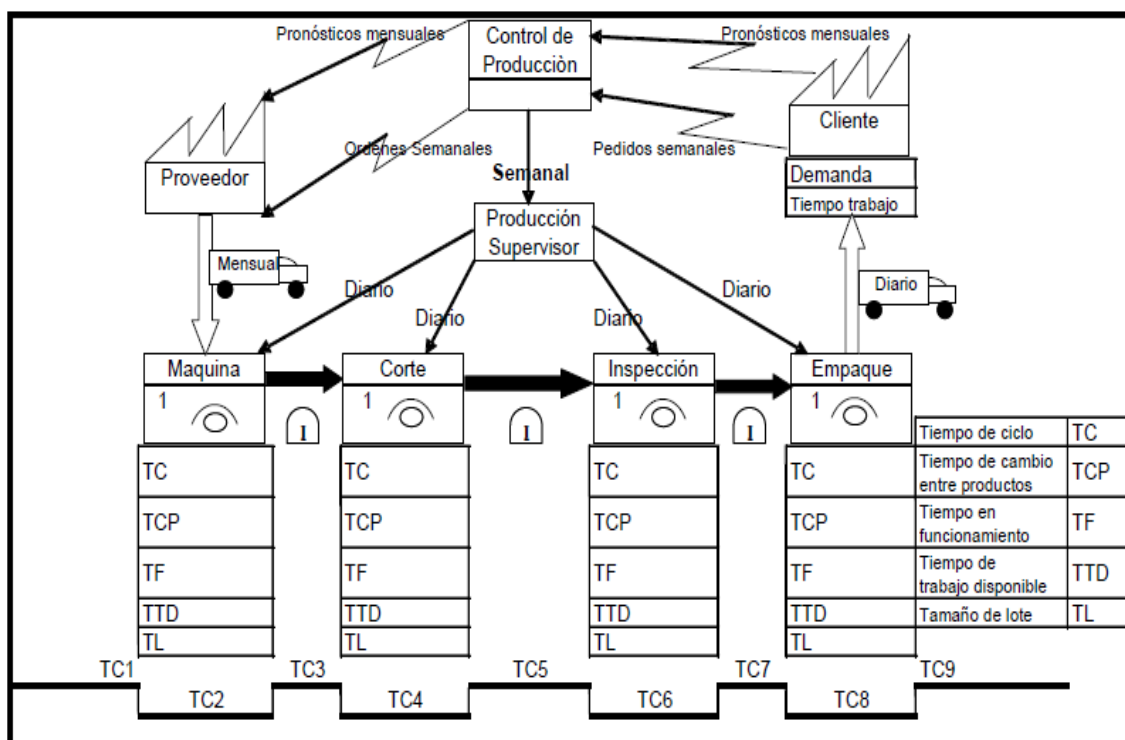


Imagen 31. Estructura del dibujo de un mapa de cadena de valores "estado actual"

Una vez trazado el mapa de la situación actual se busca que se conozcan las zonas en las que existe sobreproducción y demás desperdicios en el proceso. La elaboración de este mapa implica generar rápidamente un mapa del estado futuro y ponerlo en marcha. Por esta razón, se describe a continuación como se debe trazar el mencionado mapa del estado futuro, siguiendo los pasos que se enumeran:

- 1) Primero se debe de obtener el *Takt time* para determinar el tiempo necesario para la fabricación de una pieza o la familia de productos seleccionada.
- 2) Se deben ubicar de manera precisa los cuellos de botella de las máquinas o estaciones de trabajo y así determinar el tratamiento que se debe darles para mejorar su eficiencia.

- 3) Determinar donde se reducen las operaciones y así determinar el tamaño del lote requerido.
- 4) Identificar las estaciones de trabajo potenciales para sugerir la aplicación de celdas de trabajo. Se aplican regularmente en las estaciones que llevan cabo actividades parecidas.
- 5) Determinar donde se aplicará el *Kanban*. Se utiliza un Supermercado al inicio del proceso en la recepción de la materia prima con la finalidad de disminuir los días de inventario.
- 6) Definir la manera en que se programará la producción. Se anotan en la caja de datos las nuevas aplicaciones de mejora, por ejemplo, reducir la operación en un tiempo menor, lograr un mejor equilibrio de la línea productiva, contar con menos operadores en las estaciones de trabajo, entre otras.
- 7) Se debe determinar el nuevo tiempo de producción y tiempo de valor no agregado. En la parte inferior de la hoja se anotan los nuevos tiempos de valor agregado y valor no agregado, esto permitirá que se aprecie las mejoras que se lograrían respecto de la situación inicial.

El proceso de trazar el mapa de la situación futura va incluso más allá de lo anotado (que es lo trascendental), puesto que implica el ejercicio de realizar preguntas en cada etapa de lo graficado en la situación actual para al tratar de responderlas dar solución a los problemas detectados y hacer más eficiente la cadena de valor de la empresa. A continuación, en la Imagen 32, se muestra un ejemplo de mapa de cadena de valor para el estado futuro.

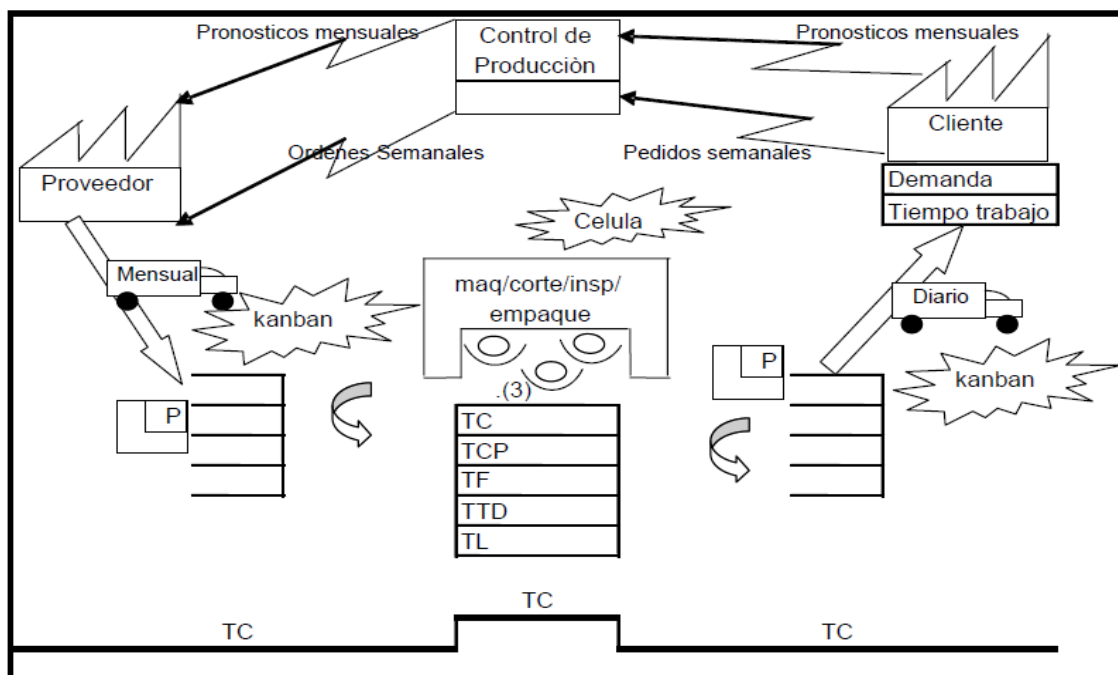

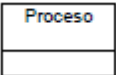
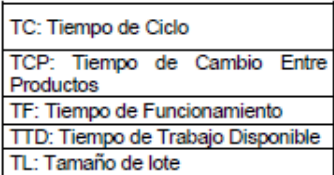







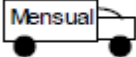


Imagen 32. Estructura del dibujo de un mapa de cadena de valores "estado futuro"

En referencia a los símbolos o iconos que se utilizan para trazar los diagramas de la técnica del mapeo de la cadena de valores, son estándares y existen una amplia gama de la cual se anotan a continuación, en la Tabla 22, algunos de los más utilizados:

	Cliente / proveedor Este icono representa el proveedor y al cliente al mismo tiempo, solo que, al momento de graficarlo, se coloca al lado izquierdo para el primer caso y al lado derecho para el segundo.
	Caja de procesos Representa al proceso, operación, máquina o departamento, por el que pasan los materiales hasta ser convertidos.
	Caja de datos La caja de datos se ubica siempre abajo del proceso y contiene información importante y/o datos requeridos para el análisis y la aplicación del método.
	Celda de trabajo Indica la existencia de una celda de trabajo, “manufactura celular”.
	Inventario Representa el inventario que se acumula entre los procesos o el WIP. Usualmente en el mapa del estado actual, las cantidades de inventario son cuantificables y se anotan bajo el icono. Al ser un símbolo que denota el inventario, es también utilizado para representar el inventario de materias primas y/o productos acabados.
	Cargamento o flechas de transporte Estos iconos (dependiendo de la orientación) representan el movimiento de materias primas hasta la planta o de los productos terminados hacia el cliente.
	Flecha de empuje Como su nombre indica simboliza el “empuje” de los materiales desde una estación a otra en el proceso productivo.
	Supermercado El icono simboliza a lo que se denomina un inventario “supermercado” (Kanban). Es un pequeño inventario de absoluta disponibilidad para entregar al cliente cuando lo requiera y automáticamente se genera una tarjeta de fabricación para cubrir el stock que se utilizó del supermercado.
	Retirada de material Representa la interconexión entre los supermercados, pero en una conexión en la que un proceso retira material al anterior para que reponga la cantidad de materiales o productos que se tomaron de él.
	Línea FIFO Esta simbología denota la existencia de un flujo de materiales bajo el régimen del sistema FIFO (primeros en entrar, primeros en salir), es decir, que las unidades producidas primero, son precisamente las que se pasan al siguiente proceso.
	Cargamento externo Simboliza el transporte fuera de la planta, ya sea de las materias primas o del producto acabado.

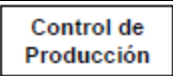












	<p>Control de producción</p> <p>Este icono, señala que existe un departamento de control de la producción, del cual va a partir la información requerida para iniciar la fabricación de un producto.</p>
	<p>Embarque diario</p> <p>Entrega de información manual o escrita en papeles, importante para la producción. Comúnmente se enfoca representada en las órdenes de trabajo.</p>
	<p>Información electrónica</p> <p>Esta es la representación de información tal como el símbolo anterior, pero en forma electrónica, o sea mail y demás medios informáticos.</p>
	<p>Producción Kanban</p> <p>El dibujo es la representación del llamado o alerta para la producción del material que repondrá el stock de la estación siguiente.</p>
	<p>Retirada Kanban</p> <p>Ilustra que un material se va a retirar hacia un supermercado, el cual envía una señal para que la operación anterior proceda a fabricar la cantidad de piezas retiradas.</p>
	<p>Señales Kanban</p> <p>Representa que el inventario entre dos procesos está nivelado.</p>
	<p>Tarjeta Kanban</p> <p>Este símbolo es una tarjeta Kanban, que es la cantidad que se deberá recoger. Con frecuencia se utilizan dos tarjetas, para el intercambio de retiro y ordenar la producción.</p>
	<p>Secuencia de retirar</p> <p>Representa la alerta de que se recojan elementos para la producción de los artículos.</p>
	<p>Balanceo de cargas</p> <p>Este icono es la herramienta que se utiliza en los Kanban para nivelar la producción.</p>
	<p>MRP / ERP</p> <p>Símbolo que representa de la forma que se realiza la programación de la producción.</p>
	<p>Mejora</p> <p>Se utiliza en el dibujo de la situación futura, ya que simboliza las mejoras que se intentan aplicar al proceso.</p>
	<p>Operario</p> <p>Representa a los operadores de las distintas estaciones de trabajo, pero no de manera individual ya que si se emplea más de un operario se pondrá la cantidad de ellos con un número junto al icono.</p>
	<p>Valor agregado y valor no agregado</p> <p>Luego de la realización del mapeo, se grafica este icono en el cual se escribirán los tiempos de las diferentes operaciones y los inventarios respectivos, ubicando los tiempos de valor agregado en la cresta de la onda mientras que en la parte inferior los que no agregan valor.</p>

Tabla 22. Símbolos o iconos *Value Stream Mapping*.



2.2. Anejo 2. Técnica *SMED*

La técnica *SMED* propone unas fases de análisis de las preparaciones orientadas a la reducción del tiempo de paro: Reducción que puede emplearse en el aumento de la disponibilidad de la máquina y reducción que puede utilizarse, según el criterio de nivelado, en reducir el tamaño de lote de fabricación.

SMED significa “Cambio de modelo en minutos de un solo dígito”. Son teorías y técnicas para realizar las operaciones de cambio de modelo en menos de 10 minutos. Desde la última pieza buena hasta la primera pieza buena en menos de 10 minutos. El sistema *SMED* nació por necesidad para lograr la producción *Justo a Tiempo*. Este sistema fue desarrollado para acortar los tiempos de la preparación de máquinas, posibilitando hacer lotes de un tamaño menor. Los procedimientos de cambio de modelo se simplificaron usando elementos más comunes o similares a los usados habitualmente.

Los objetivos que busca cumplir la técnica *SMED* son:

- Facilitar los lotes pequeños de producción.
- Rechazar la fórmula del lote económico.
- Producir cada pieza cada día (fabricar).
- Alcanzar el tamaño de lote a 1.
- Hacer la primera pieza bien cada vez.
- Cambio de modelo en menos de 10 minutos.

Con ella se logran beneficios tales como, producir en lotes pequeños, reducir inventarios, procesar productos de alta calidad, reducir costes, tiempos de entrega más cortos, ser más competitivos, entre otros.

La reducción del tiempo en el cambio de modelo sigue una estructura diferenciada en 4 fases que se muestran a continuación.

Fase 1. Separar la preparación interna de la externa: Preparación interna son todas las operaciones que precisan que se pare la máquina y externas las que pueden hacerse con la máquina funcionando. Una vez parada la máquina, el operario no debe apartarse de ella para hacer operaciones externas. El objetivo es estandarizar las operaciones de modo que con la menor cantidad de movimientos se puedan hacer rápidamente los cambios, esto permite disminuir el tamaño de los lotes.

Fase 2. Convertir cuanto sea posible la preparación interna en preparación externa: La idea es hacer todo lo necesarios en preparar – troqueles, matrices, punzones, etc. – fuera de la máquina en funcionamiento para que cuando esta se pare, rápidamente se haga el cambio necesario, de modo de que se pueda comenzar a funcionar rápidamente.

Fase 3. Eliminar el proceso de ajuste: Las operaciones de ajuste suelen representar del 50 al 70% del tiempo de preparación interna. Es muy importante reducir este tiempo de ajuste para acortar el tiempo total de preparación. Esto significa que se tarda un tiempo en poner en marcha el proceso de acuerdo a la nueva especificación requerida. En otras palabras, los ajustes normalmente se asocian con la posición relativa de piezas y troqueles, pero una vez hecho el cambio se demora un tiempo en lograr que el primer producto bueno salga bien. Se llama ajuste en realidad a las no conformidades que a base de prueba y error van llegando hasta hacer el producto de acuerdo a las especificaciones.

Fase 4. Optimización de la preparación: Hay dos enfoques posibles, utilizar un diseño uniforme de los productos (diseño de conjunto) o producir las distintas piezas al mismo tiempo (diseño en paralelo).

En la Imagen 33 se muestra una representación de los tiempos que conlleva cada una de las etapas/fases de implementación de la técnica *SMED*.

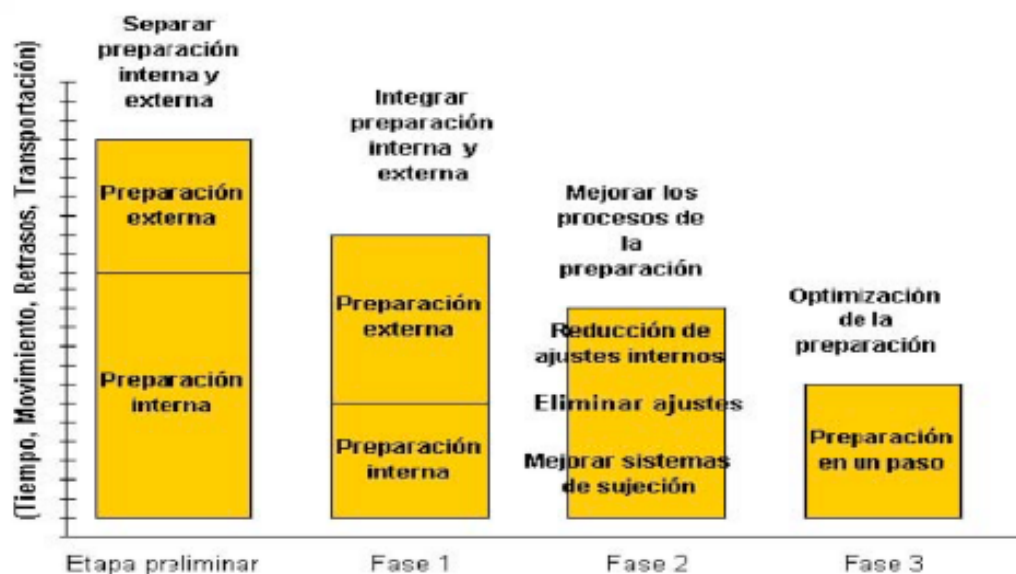


Imagen 33. Fases para la reducción del cambio de modelo.

2.3. Anejo 3. Técnica *JIT*

En el *JIT* se busca que no exista ningún tipo de excedente de producción ni de seguridad. Para esto, la técnica exige que se desarrollen fuertes relaciones comerciales y de calidad con los proveedores, altos niveles internos de calidad, sólidas relaciones con los vendedores y muy importante es que la demanda de los productos terminados sea de tipo predecible.

El *JIT* supone que solo se producirá una unidad más del producto, si es que la última ya fue vendida o pasada a una estación subsiguiente (en el caso del proceso productivo). La mecánica que se sigue es que, al ser vendido un artículo, se genera de manera automática una orden en la línea de producción para que sea repuesta la unidad vendida, del mismo modo ocurre con los procesos intermedios.

En la Imagen 34 se muestra de manera esquemática el fundamento general de cómo opera el *JIT*.

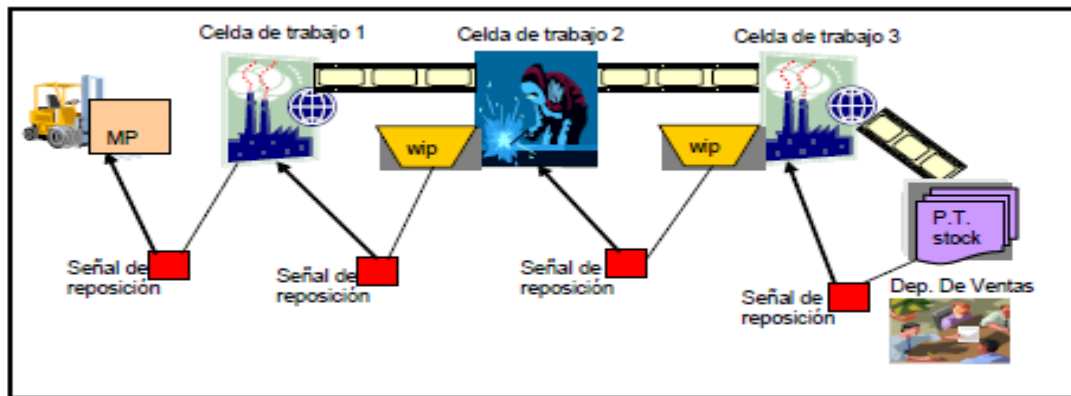


Imagen 34. Funcionamiento del sistema *JIT*

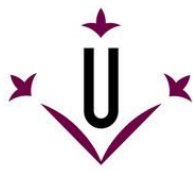
El *JIT* se sustenta en 7 pilares que deberían ser los cimientos sobre los cuales se levanta las técnicas para su aplicación correcta y que garantice el conseguir los beneficios invaluables que traerá a la empresa. Estos pilares son:

Trabajar para que la oferta sea igual a la demanda: En este pilar se propone que la empresa sea capaz de producir lo que el “cliente pida” con un tiempo de entrega muy cercano a cero, es decir, trabajar con alta confiabilidad como proveedores.

Eliminar los desperdicios: Ya se ha analizado que desperdicio es todo aquello que no agrega valor. Se propone que estos desperdicios sean eliminados enfocando los esfuerzos en la erradicación de las causas raíz que provocan dichos desperdicios. Para esto es imprescindible que se efectúen análisis en las celdas de producción.

Producir en base a un flujo continuo y no por lotes: Se pretende que los tiempos de entrega sean cercanos a cero como ya se propuso, con esto se procurará que se produzca solo lo que el cliente requiera en un momento concreto en el tiempo y no se deba producir lotes con una cantidad de unidades de productos determinada. Esto hace que la empresa se deshaga de los inventarios tanto de productos en proceso como los de producto terminado.

Mejora continua: La empresa deberá estar comprometida y además desarrollar programas constantes de mejora continua en todas las áreas de la empresa y no solamente en los



procesos de producción. Recordemos que la mejora continua no es una cuestión de unos pocos, sino de todos quienes forman parte de la empresa ya sea desde una perspectiva directa o indirecta.

Respeto por la gente: Es evidente que los operarios son los encargados de que todos los planes o técnicas que se intenten aplicar en una industria sean ejecutados. Es por esta razón que el *JIT* se sostiene gracias a que las empresas miran de manera más seria a sus obreros, dándoles estabilidad laboral, capacitación, integrándolos a los grupos de trabajo y escuchando sus sugerencias para la mejora.

Eliminar la sobreproducción: La sobreproducción es una práctica muy generalizada en las plantas industriales, ya que ofrece la cierta posibilidad de ocultar cualquier tipo de ineficiencia en el proceso productivo de manera eventual o simplemente poder cumplir con los plazos establecidos con el cliente. Sin embargo, solo se logra ocultar las ineficiencias por un cierto tiempo. El *JIT* promulga que la sobreproducción es un desperdicio y como tal hay que eliminarlo, así que los stocks de productos terminados deben ser en lo posible iguales a cero.

Planificación con miras en el futuro: La empresa debe fijar sus metas en el futuro y para ello debe realizar evaluaciones integrales de los sistemas de la empresa, yendo desde las ventajas que podemos conseguir del hecho de contar con personal altamente calificado, hasta cuestiones más complejas como la distribución de la planta y de los procesos productivos, forma de operación y el exigir ser previstos de suministros y materias primas confiables, de calidad y al tiempo previsto.

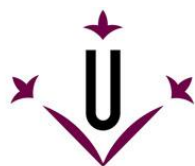
2.4. Anejo 4. Técnica *POKA-YOKE*

Los sistemas *Poka-Yoke* son de tipo variado, pero si pueden ser clasificados, tendríamos los drásticos y los de advertencia. Los primeros son sistemas que al encontrar un error en el proceso inmediatamente lo paralizan, sin embargo, no siempre es práctico que el proceso sea paralizado para solucionar un problema, y es en estos casos donde se utilizan más bien los sistemas o métodos de advertencia, que son muy variados.

Los métodos de advertencia son exactamente una alarma que advierte de anomalías en el proceso, ya sea mediante sonidos, luces u otro tipo de alarma visual o sensitiva.

Los métodos *Poka-Yoke* están clasificados en tres segmentos, a saber:

- Métodos de contacto. Son métodos donde un sensor detecta las anomalías en el acabado o las dimensiones de la pieza, no es necesario que exista contacto entre el dispositivo y el producto.



- Método de valor fijo. Con este método, las anomalías son detectadas por medio de la inspección de un número específico de movimientos, en casos donde las operaciones deben de repetirse un número determinado de veces.
- Método del paso-movimiento. Estos son métodos en los que las anomalías son detectadas inspeccionando los errores en movimientos estándar donde las operaciones se realizan con movimientos predeterminados. Este método es extremadamente efectivo y tiene un amplio rango de aplicación. La posibilidad de su uso debe de considerarse siempre que se esté planeando la implantación de un dispositivo *Poka-Yoke*.

Se podrían mencionar una gran gama de medidores o dispositivos que se utilizan para la prevención o detección de los errores como lo establece la técnica. Para el primer método enumerado en la clasificación (pues los demás métodos son netamente de observación), se muestra a continuación en la Tabla 23 una mención de algunos de los dispositivos utilizados, desde la perspectiva explicada de aquellos que funcionan bajo el contacto y aquellos que no.

DISPOSITIVOS DE CONTACTO	DISPOSITIVOS SIN CONTACTO
Interruptores de tacto	Sensor de proximidad
Transformador diferencial	Detectores de vibraciones anormales
Revelador de niveles de líquidos	Interruptores fotoeléctricos

Tabla 23. Tipos de dispositivos contacto / sin contacto para la prevención de errores.

Tres características importantes de los sistemas *Poka-Yoke* que deben tomarse en cuenta a la hora de implementarlos son que se tratan de sistemas simples y baratos, que se les debe tratar como parte del proceso y por último que se ubican cerca o en el lugar donde ocurre el error.

2.5. Anejo 5. Técnica *ANDON* (INDICADOR VISUAL)

El mecanismo de la técnica es, en esencia, la utilización de luces, para denotar a través del color, una determinada situación en el proceso. Pero la o las luces pueden estar ubicadas ya sea sobre cada proceso individual (Imagen 35), con lo que se podrá saber in-situ el estado actual de ese proceso individual, mientras que otra opción es la de utilizar un panel de luces que indique las circunstancias de operación del proceso en un área global del sistema productivo (Imagen 36).

Los colores y su respectivo motivo en dicha combinación, que se utilizan de manera más usual se anotan a continuación:

- Rojo: Máquina averiada.
- Azul: Pieza defectuosa.

- Blanco: Fin de lote de producción.
- Amarillo: Esperando por cambio de modelo.
- Verde: Falta de material.
- Apagado: Sistema operando normalmente.



Imagen 35. Ejemplo de aplicación de panel Andon.

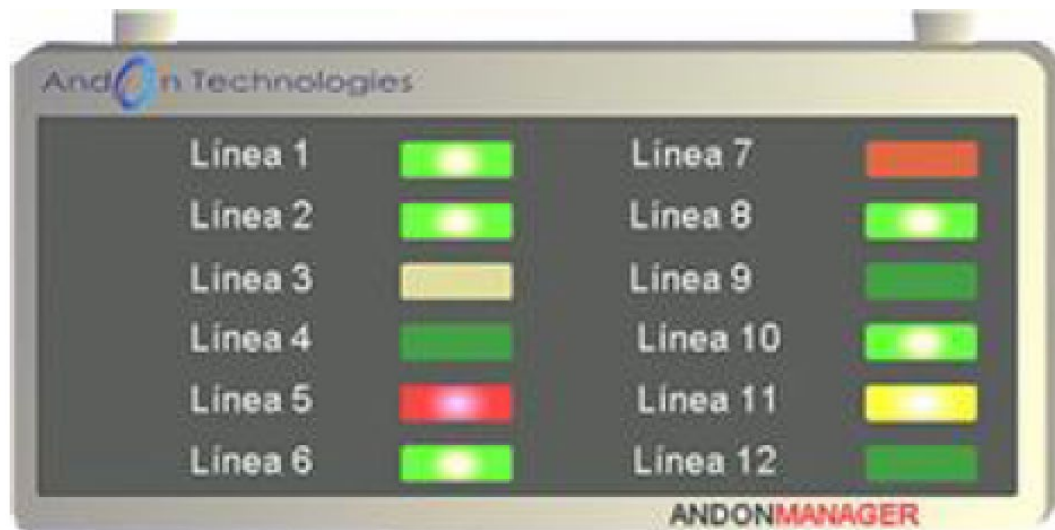
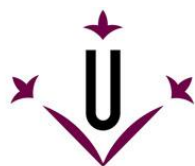


Imagen 36. Ejemplo de Panel Andon.



2.6. Anejo 6. Técnica *KAIZEN*

La implantación del *Kaizen* en la empresa busca mejorar los tiempos de ciclo y así aumentar la productividad de los procesos, unificar los criterios de calidad y métodos de trabajo y como todas las técnicas de manufactura esbelta trata de eliminar los desperdicios que se producen en la empresa. De lo expuesto, la implantación del *Kaizen* en la empresa va a ayudar en la solución de muchos aspectos y para implementarlo se deben seguir 7 pasos fundamentales que se explican a continuación:

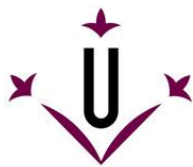
Paso 1 – Selección del tema de estudio: Lo primero que hay que hacer para emprender el trabajo con la técnica *Kaizen* es determinar lo que se quiere y cuál será su orientación. Por ejemplo, podría quererse que la técnica responda a los objetivos superiores de la dirección industrial, criterios organizativos, factores innovadores o problemas de calidad y entregas al cliente entre otros. Esto es lo que hay que establecer para la eficiente implementación de la técnica.

Paso 2 – Crear la estructura para el proyecto: Es importante que se genere la infraestructura necesaria para la implantación del *Kaizen*. Esta infraestructura no es necesariamente física sino más bien conceptual y de trabajo. Dicha infraestructura estará mayoritariamente determinada por los grupos de trabajo multidisciplinarios constituidos de manera que la mayor cantidad de las áreas de toda la empresa estén representadas.

Paso 3 – Identificar la situación actual y formular objetivos: Esta fase indica que se debe generar la información necesaria de cómo funciona el proceso en la actualidad recogiendo datos de productividad, fallos, desperdicios y demás, que permitan generar información clara y precisa del estado actual de la empresa con relación al tema que se ha seleccionado estudiar. Con el análisis situacional que se realice, lo siguiente es fijar los objetivos y sus perspectivas para mejorar.

Paso 4 – Diagnóstico del problema: Establecer las condiciones bajo las cuales se deberá emprender la aplicación de las técnicas apropiadas. Se trata de que antes de cualquier análisis técnico para la solución de los problemas, se establezcan las condiciones básicas de funcionamiento de los equipos, principalmente, realizando limpieza y mantenimiento a las máquinas y equipos, así como también procurar la eliminación de todas las condiciones que generan la ineficiencia (fugas, focos infecciosos, etc.).

Paso 5 – Formular el plan de acción: Con todos los elementos conseguidos hasta aquí lo que sigue es elaborar un plan de acción que permita la eliminación de las causas críticas que están generando los problemas en los procesos. A partir de las propuestas que plantee el plan de acción se deben delinear las actividades y asignación de tareas para alcanzar las metas que se planteen. El plan de acción debe contemplar algunos aspectos básicos como alternativas para las potenciales acciones que se tomen e incluir las actividades que



deben realizar los individuos involucrados en todos los niveles y áreas desde los puestos administrativos como supervisores o especialistas de los procesos tanto como para los operadores de las máquinas.

Paso 6 – Implantar mejoras: Con la elaboración del plan de acción lo que queda es proceder a cristalizar el plan efectuando las acciones que este requiera. Lo importante en este paso es que exista una comunión en las actitudes y participación total de los implicados en la realización del proyecto. Hay que hacer participar no solo a los dirigentes de las áreas sino y también a los operadores. Otro aspecto principal en la metodología es tomar en cuenta las opiniones del personal operativo, hacerlo participe de la implantación y que realice las acciones asignadas de manera voluntaria ya que la imposición (más aún cuando es autoritaria) no produce en lo absoluto ningún resultado positivo de la implantación.

Paso 7 – Evaluar los resultados: Lo último que tiene que considerarse en la implantación del *Kaizen* en la empresa es la necesidad de evaluar los resultados que se están consiguiendo con la técnica y más aún hacerlos públicos en toda la empresa asegurándose que todos sean partícipes de los avances (el uso de carteleros es muy usual para este menester) incluso beneficiarse de las experiencias de las demás áreas en cuanto a la consecución de los objetivos.

2.7. Anejo 7. Procedimiento de desbaste del Cu y Al

Objeto

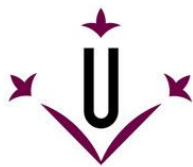
Este procedimiento describe la operativa a seguir en el proceso de trefilado grueso del cobre y aluminio. En este documento definiremos los equipos con los que contamos para realizar este proceso, así como la forma de utilizarlos.

Descripción del proceso

El proceso de trefilado consiste en la deformación plástica del Cu o Al desde el diámetro inicial de 8 mm en el caso del cobre y 9,5 mm en el caso del aluminio (alambrón) hasta el diámetro final requerido. Este diámetro dependerá de la formación del conductor, de la sección nominal que se quiera obtener y de la máquina que se quiera alimentar en el siguiente proceso.

Equipos

Euroalpha R1-Cs.1.10 C1 (desbastadora), es la máquina principal dedicada a la transformación del Cu para su procesamiento posterior en trefiladoras finas. Pasa el alambón de diámetro 8 mm a alambre de diámetro 2mm. Esta máquina no dispone de horno de



recocido en continuo, ya que el alambre de salida es un producto intermedio destinado a un posterior trefilado.

Utillajes (Hileras)

Todas las hileras utilizadas en esta sección son de diamante, con lo que se logra alargar sensiblemente el tiempo de utilización de éstas. Se dispone de una tabla de control de los juegos activos y de recambio utilizados en la máquina. En dicha tabla se anota la previsión de la vida de cada juego expresada en kg y se hace un seguimiento exhaustivo de la cantidad de kilos trefilados por cada juego durante toda su vida útil.

La instrucción I6-Revisión hileras muestra el procedimiento a seguir para la revisión del diámetro de las hileras.

En especificación de materiales “Hileras de trefilado” se definen las características de las hileras de estas máquinas, a saber: material de la hilera, diámetros de cada paso y sus tolerancias, ángulo de trabajo de cada hilera y su tolerancia, longitud de la zona de calibre referida en % del diámetro y su tolerancia y, por último, el tamaño de núcleo.

Enhebrado

El enhebrado de las máquinas es importante para asegurar que sobre el hilo se aplica la tensión justa para producir el rebaje en el paso de cada hilera.

Dar pocas vueltas sobre el anillo de tiro puede significar aplicar demasiada tensión en el trefilado, pudiendo provocar roturas por estiramiento.

Demasiadas vueltas significarán una adherencia excesiva entre el hilo y el anillo de tiro. El hilo no desliza bien sobre el anillo y pueden producirse vueltas pisadas y roturas por estiramiento.

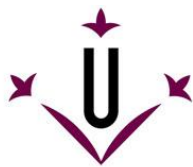
Los anillos de tiro de las máquinas están fabricados con materiales muy duros que resisten muy bien la fricción provocada por el cobre. Pueden ser de carburo de tungsteno o cerámica y se pueden mezclar en la máquina siempre y cuando los anillos lleven el número de vueltas adecuado al material con el que están fabricados.

Normalmente los anillos no son totalmente cilíndricos; se fabrican con un ángulo de inclinación de 0,5° entre caras para impedir que las vueltas de cobre se desplacen hacia la tapa interior del conjunto y rocen con el hierro. El roce puede desprender pequeñas partículas de acero que quedarían incrustadas en el cobre con el consiguiente riesgo de provocar roturas por inclusiones en trefilados posteriores.

Es muy importante vigilar el desgaste de dichos anillos, de acuerdo a lo que nos marca el PCC/c-1 de la máquina.

Es especialmente crítico el caso de los anillos de carburo de tungsteno (widia); el uso provoca que el cobre acabe haciendo saltar la primera capa del anillo (la de material más duro) y, al llegar a la zona que está por debajo de la dura, el hierro que la compone se desprende con mucha facilidad, quedando incrustado en el cobre y provocando roturas por inclusión en el trefilado fino.

Los anillos de cerámica, por su parte, presentan unas particularidades propias del material



de su composición. Por una parte, al ser un material muy duro, la duración es sensiblemente mayor que los de carburo de tungsteno pero, por el contrario, son muy frágiles y se pueden romper fácilmente por un impacto. Naturalmente su desgaste no provoca inclusiones metálicas en el cobre o aluminio.

Además, es importante encontrar el número correcto de vueltas que se le da al cobre sobre los anillos para alcanzar el equilibrio justo entre la fuerza de arrape y deslizamiento del cobre sobre los mismos. Esta información aparece en las instrucciones de parámetros de las máquinas.

El enhebrado de cada máquina aparece reflejado en las instrucciones específicas de las mismas.

Trefilinas y aditivos

En el caso del cobre, la trefilina es el aceite que se añade al agua de los baños. La emulsión agua-trefilina sirve para refrigerar el proceso y lubricarlo.

Para el aluminio no se utiliza emulsión; para refrigerar y lubricar el proceso se utiliza aceite sin emulsionar.

Las trefilinas, aceites y aditivos recomendados para las distintas aplicaciones se indican en la instrucción I9-Revisión baños.

Con la periodicidad establecida en los Planes de Calidad se realiza el análisis de los baños según la instrucción I9-Revisión baños.

Si el resultado de los análisis lo requiere, puede añadirse trefilina, aceite y/o los aditivos que se indican en la I9 en las proporciones adecuadas.

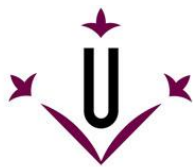
Tensiones sobre el hilo

Durante el proceso de fabricación se ha de asegurar que las tensiones de los compensadores y las de encarretado sean las correctas. Una tensión excesiva puede provocar alargamientos indeseados en el hilo trefilado. Una tensión demasiado floja puede provocar un encarretado blando, con el consiguiente problema de defilado en el siguiente proceso. Para la regulación de las tensiones nos referiremos a las instrucciones específicas de máquina.

Identificación de los carretes y cestas

Todas las cestas deben llevar claramente identificado el diámetro del hilo, la línea de desbaste en la que se ha procesado el proveedor, nº de jumbo del que proceden, el colaborador que lo ha trefilado, la fecha y, si se requiere, el metraje o el peso y el Responsable de Proceso que realiza la soldadura con la cesta anterior. Las bobinas trefiladas, deben llevar claramente identificado el diámetro del hilo, los metros, el colaborador y la fecha.

El proceso se realiza de forma que la alimentación de las máquinas sea continua. Para ello se procede a soldar las puntas de cobre según el método descrito en la instrucción I11-



Soldaduras y reparaciones y, más específicamente, en la instrucción particular de la máquina. En el caso del cobre, todas las soldaduras entre jumbos se cortan; de esta manera cada cesta procede de un solo jumbo. Esta operativa no procede en el caso del aluminio.

En el proceso de desbaste de cobre (al igual que en el de aluminio) se realiza un control de peso sobre todos y cada uno de los jumbos consumidos. Dicho control se realiza de acuerdo a lo establecido en el procedimiento P35-Manipulación almacenaje y embalaje.

Las roturas habidas durante el proceso de fabricación se han de registrar de acuerdo con la instrucción I13-Roturas de trefilado.

Recocido

Ninguna de las máquinas de trefilado grueso del grupo lleva horno de recocido en continuo.

Encarretado del hilo

El encarretado sobre bobinas solo se realiza en el trefilado de aluminio y es de suma importancia para asegurar el correcto funcionamiento de las bobinas en los procesos posteriores. Con el método descrito en este capítulo se pretende evitar que unas vueltas se monten sobre las otras, especialmente en las alas de las bobinas, evitando posibles roturas en el posterior cableado del aluminio.

Cada una de las máquinas de trefilar dispone de topes que regulan el recorrido del repartidor. Estos topes se han de regular de modo que el hilo quede bien repartido entre las valonas de la bobina de recepción. Las bobinas pueden tener pequeñas diferencias dimensionales, o golpes que las hayan deformado ligeramente.

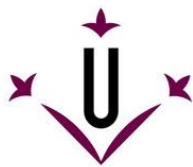
A cada cambio de bobina, se tiene que vigilar, después de la arrancada y durante unos instantes, que el repartidor realiza los cambios iniciales correctamente. Durante el llenado se ha de vigilar regularmente la uniformidad del reparto del hilo, retocando los topes si fuese necesario.

Así mismo es también muy importante que las alas de las bobinas estén exentas de rebabas por la parte interior, porque pueden dañar los hilos durante el bobinado o durante la extracción del hilo. Para eliminarlas, el operario dispone en el banco de una lima con la cual repasará las bobinas que se vayan a usar, eliminando las rebabas metálicas que pudieran rozar con el hilo.

La capacidad de los distintos envases de trefilería se especifica en la instrucción de cada máquina.

Velocidad de trabajo

En el proceso de trefilado grueso, la velocidad es un parámetro relevante para determinar la calidad del hilo. Más velocidad de desbaste significa tener que asegurar la mayor necesidad de lubricación en el proceso. A medida que aumenta la velocidad aumenta la posibilidad de que aparezca el efecto conocido como copa-cono. Este efecto difícilmente provocará roturas en el desbaste, pero las puede ocasionar en el trefilado fino.



Se trata de roturas que aparecen en el interior del hilo y que se van manteniendo a medida que el diámetro de trefilado disminuye. Estas roturas se producen por que la tensión en la zona central del hilo en su paso por la hilera supera el límite de deformación elástica. La plasticidad del cobre o aluminio no puede absorber estas diferencias y se produce la rotura interior. Al ir trefilando el hilo acaba rompiendo quedando las puntas una con forma de cono y la otra con un vacío interior (copa).

El deslizamiento se define como el exceso de longitud de hilo, en %, que un anillo da sobre el siguiente, por encima del cinemático de la máquina. El deslizamiento es necesario para evitar que el más mínimo efecto sobre el hilo que da un determinado paso provoque una rotura por estricción. Así, deslizamientos elevados permiten un mayor margen de seguridad a la hora de evitar este tipo de roturas pero, por contra, provocan un mayor desgaste sobre los anillos de tiro e hileras y pueden ocasionar encaballadas del hilo sobre el anillo. Los valores de deslizamiento se encuentran descritos en las instrucciones particulares de cada máquina.

De forma genérica, las velocidades de las máquinas se indican en las instrucciones de parámetros respectivas.

Carga de trabajo

No se contempla la carga de trabajo de la sección de trefilado grueso, desbaste, debido a que su utilización respecto a la capacidad de la sección es muy baja debido a tratarse de un proceso muy rápido.

2.8. Anejo 8. Procedimiento de trefilado fino del Cu

Objeto

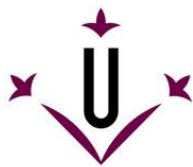
Este procedimiento describe la operativa a seguir para el proceso de trefilado fino. En este documento describiremos los equipos con los que contamos para realizar este proceso, así como la forma de utilizarlos.

Descripción del proceso

El proceso de trefilado fino consiste en la deformación plástica del Cu desde el diámetro inicial de 2,00/2,53/2,85 mm (tal como sale del proceso de trefilado grueso) hasta el diámetro final requerido. Este diámetro dependerá de la formación del conductor y de la sección nominal que se quiera obtener.

Equipos

Contrariamente a lo que ocurre en el trefilado grueso, en el fino el hilo obtenido es casi siempre un producto final de la sección de trefilado. Así pues, todas las máquinas finas van provistas de recocido en continuo.



Tecalsa T-12/25-12, multifilar de 25 pasos para diámetros de salida comprendidos entre 0,25 y 0,40 mm y dedicada principalmente al trefilado de cobre térmico a diámetro de salida 0,40mm. Código T5.

Utillajes (Hileras)

Se utilizan habitualmente dos tipos diferentes de hileras. Como norma podemos decir que desde 0.40 mm hacia arriba, son de núcleo de diamante poli-cristalino (PCD) y de 0.40 mm hacia abajo son de núcleo de diamante mono-cristalino (MCD).

Lógicamente, en función del diámetro de calibre de cada hilera, el desgaste que sufre la misma es diferente. Así podemos decir que la hilera se desgasta más cuanto más pequeño es el calibre, porque pasan más metros por ella que por una de calibre superior. Es por ello que se distinguen de 2 a 3 zonas en cada máquina: gruesa, intermedia y fina, asociadas a los diámetros de las hileras y con, por lo menos, dos juegos de hileras para cada una, el que está en uso y un juego de recambio.

Se dispone de unas tablas de control de los juegos activos y de recambio utilizados en las máquinas. En dichas tablas se anota la previsión de la vida de cada juego expresada en kg y se hace un seguimiento exhaustivo de la cantidad de kilos trefilados por cada juego durante toda su vida útil.

Preferentemente se montará el tipo de hilera indicado en la tabla de cada instrucción específica (PCD o MCD), aunque en caso de necesidad se puede utilizar de otro tipo.

Enhebrado

En las distintas posiciones el hilo debe tener un número determinado de vueltas sobre el anillo de tiro. Con ello se pretende que el hilo deslice lo adecuado sobre el disco de arrastre.

Pocas vueltas significan que el hilo no agarra suficientemente sobre el anillo y que el arrastre se produce por tensión en la salida. Demasiadas vueltas pueden provocar problemas de encaballadas de vueltas una sobre otra.

En cualquiera de los dos casos estamos sometiendo al hilo de cobre a tensiones internas que pueden provocar roturas de tipo estricción, copa-cono u otras.

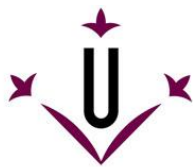
Los enhebrados para cada máquina aparecen en las instrucciones de parámetros máquina.

Trefilinas y aditivos

La trefilina es el aceite que se añade al agua de los baños. La emulsión agua-trefilina sirve para refrigerar el proceso y lubricarlo. Las trefilinas y aditivos recomendados para las distintas aplicaciones se indican en la instrucción I9-Revisión baños.

Con la periodicidad establecida en los Planes de Calidad se realiza el análisis de los baños según la instrucción I9-Revisión baños.

Si el resultado de los análisis lo requiere, puede añadirse trefilina y/o los aditivos que se indican en la I9 en las proporciones adecuadas.



Identificación de los carretes

Los carretes deben ir correctamente identificados con etiquetas en la que aparezca el nº de hilos, su diámetro nominal, colaborador que ha bajado la bobina y fecha. Independientemente de los datos detallados anteriormente, en cada planta se puede añadir algún otro comentario tal como soldadura si las hay, número de bobinador, etc.

Es recomendable definir un color de etiqueta para cada medida de hilo trefilado y máquina, de esta forma facilitamos la rápida identificación y evitamos posibles errores. Este punto es importante, ya que un mismo diámetro nominal se puede obtener con diferentes diámetros reales de salida, los cuales se utilizan en aplicaciones distintas.

El proceso se realiza de forma que la alimentación de las máquinas sea continua. Para ello se procede a soldar las puntas de cobre de acuerdo con la instrucción I11-Soldaduras y reparaciones.

Las roturas habidas durante el proceso de fabricación se han de registrar de acuerdo con la instrucción I13-Roturas de trefilado.

Encarretado del hilo

El hilo debe entrar en el carrete completamente frío y seco, de lo contrario se puede oxidar y dificultar su posterior devanado.

Para conseguir que salga el cobre frío y seco se deben ajustar correctamente los caudales de agua, aire y el diámetro de las hileras de secado, según lo especificado en las instrucciones particulares de máquina. Es importante conseguir una refrigeración uniforme, bien distribuida en las sucesivas zonas de paso del hilo por el horno y un correcto secado en la última zona. Todo ello es importante para obtener un cobre bien recocido y con los niveles de alargamiento deseados.

Todas las trefiladoras del grupo están equipadas con recogedores de tipo dinámico, en los que las bobinas giran sobre su eje para recoger el hilo y el peinado del cobre sobre las bobinas de recepción es de suma importancia para asegurar el correcto funcionamiento de las bobinas en los procesos posteriores. Con el método descrito en este capítulo se pretende evitar que unas vueltas se monten sobre las otras, especialmente en las alas de las bobinas, evitando posibles roturas en el posterior devanado del cobre.

Es muy importante asegurar que las tensiones de los compensadores y las de encarretado sean las correctas. Una tensión excesiva puede provocar alargamientos indeseados en el hilo trefilado, reducción de diámetro y consecuentemente aumento de la resistencia eléctrica. Una tensión escasa, dificultades de encarretado y de devanado. Para la regulación de las tensiones nos referiremos a las instrucciones particulares de cada máquina.

Cada una de las máquinas de trefilar dispone de topes que regulan el recorrido del repartidor.

Estos topes se han de regular de modo que el cobre quede bien repartido entre las valonas de la bobina de recepción. Las bobinas pueden tener pequeñas diferencias dimensionales,



o golpes que las hayan deformado ligeramente.

A cada cambio de bobina, se tiene que vigilar, después de la arrancada y durante unos instantes, que el repartidor realiza los cambios iniciales correctamente. Durante el llenado se ha de vigilar regularmente la uniformidad del reparto del hilo, retocando los toques si fuese necesario.

El reparto de los hilos de las máquinas puede ser de tipo manual, semiautomático o automático. En el caso de los automáticos y semiautomáticos, o bien no es necesario hacer nada para conseguir un peinado correcto de los hilos o hay que ir realizando periódicamente ligeros ajustes del repartidor.

Así mismo es también muy importante que las alas de las bobinas estén exentas de rebabas por la parte interior, porque pueden dañar los hilos durante el bobinado o durante la extracción del hilo. Para eliminarlas se usará una lima de metal.

Velocidad de trabajo

En el proceso de trefilado fino, la velocidad sí es un parámetro relevante para determinar la calidad del hilo puede influir notablemente en el número de roturas, en caso de situaciones de proceso no óptimas.

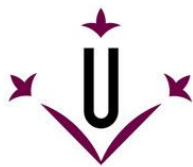
Como ya hemos indicado, el trefilado fino siempre va acompañado por un recocido y la tensión de recocido depende de la velocidad de trabajo. A mayor velocidad, mayor tensión de recocido y por lo tanto mayor temperatura alcanzada por el hilo, con lo que el enfriamiento para que éste entre frío al carrete se ve dificultado.

Las velocidades de trabajo para cada diámetro de hilo y máquina vienen especificadas en las instrucciones particulares de cada máquina. Es de suma importancia el mantenimiento en perfectas condiciones de los baños de trefilado, las hileras, los anillos y el resto de elementos de la trefiladora, pues la más pequeña desviación de las condiciones óptimas implica la imposibilidad de mantener la velocidad de instrucción, debido al incremento de roturas.

Carga de trabajo

Producción estimad

- Velocidad de trabajo: 10m/s, 600m/min.
- Capacidad de la bobina salida: 10.000m/bob.
- Tiempo de ciclo: 17min.
- Requisito producción: 120.000m/día.
- 2 cestas entrada: a 3min/cesta, 6min.
- 1 bobinas de Ø800 de salida: a 4min/bob, 4min.
- 1 roturas: a 15min/rotura, 15min.
- Tiempo total ciclo: 51min/ciclo.



2.9. Anejo 9. Procedimiento de buncheado y cableado

Objeto

Este documento describe la operativa a seguir en el proceso de buncheado y cableado.

Descripción del proceso

Este proceso consiste en la reunión, ordenada o no, de diferentes hilos de Al o Cu desnudo o aislado, para formar un cable determinado. También se pueden reunir hilos de algodón o fibras artificiales para la formación de burleros o elementos auxiliares para el cableado o buncheado. Si la reunión es desordenada se denomina buncheado. Si es ordenada se denomina cableado.

Como en todos los procesos, la calidad del producto obtenido del buncheado o cableado es fundamental para el buen funcionamiento del resto de procesos hasta la obtención del cable acabado.

En el caso de conductores desnudos o grupos buncheados, es importante que la cuerda obtenida sea regular en aspecto, sin hilos sueltos, bagas, etc. En el caso de los conductores buncheados que se extruyen de forma continua, soldando las puntas, es importante fijar correctamente el rabillo a la bobina, sin riesgo de que se desprenda.

En el caso de conductores aislados es importante que el cable resultante sea uniforme en diámetro, sin unos conductores más clavados que otros, que los aislamientos no presenten rozaduras y que no haya encaballadas.

Buncheado

Se realiza en máquinas de doble torsión (buncher de doble torsión) o de simple torsión (buncher de simple torsión). El diámetro máximo de los hilos de alimentación utilizados es de 0,40 mm en cobre y 0,6 mm en aluminio. El buncheado es un proceso de formación de cuerda desnuda o grupos que posteriormente se cablearán. Hay unas secciones que se obtienen directamente de buncheado, y otras en que el buncheado es un paso previo al cableado, donde se obtiene la formación final de la cuerda.

La formación de cada una de estas cuerdas (número y diámetro de los hilos) vienen especificados en la instrucción I5-Formación conductores.

Calibraciones y validaciones de elementos de control

Las líneas de cableado y buncheado disponen de diferentes elementos de control. Como norma general, los elementos de control cuya intervención en el proceso provoque aceptación o rechazo de los fabricados, se calibran según el plan de calibración establecido (ej. spark-testers).

Por contra, los elementos de control cuya intervención no implique aceptación o rechazo de los fabricados, están sujetos al plan de validación descrito en el correspondiente PCC-cl (ej. dinamómetros).

Encarretado del cable

Es importante asegurarse de que las bobinas que se utilizan para recoger el conductor o el cableado de conductores aislados estén en buenas condiciones de uso. Para ello se ha de comprobar que las valonas no estén golpeadas o torcidas y que por la parte interna no tengan aristas, cantos vivos o rebabas que puedan dañar el producto. Si la bobina presenta alguna irregularidad se puede eliminar con la ayuda de una lima para metal. Las bobinas que se usarán en estos procesos, salvo orden expresa del encargado del departamento, serán siempre metálicas. El tratamiento de las bobinas y su manipulación se definen en el procedimiento P35-Manipulación.

El encarretado del cable sobre las bobinas de recepción es de suma importancia para asegurar el correcto funcionamiento de las bobinas en los procesos posteriores. El cable debe llenar uniformemente todo el ancho útil de la bobina. Con el método descrito en este capítulo se pretende evitar que unas vueltas se monten sobre las otras, especialmente en las alas de las bobinas, evitando posibles roturas en el posterior devanado del cobre.

Cada una de las máquinas de cablear dispone de topes que regulan el recorrido del repartidor del recogedor. Estos topes se han de regular de modo que el cable quede bien repartido entre las valonas de la bobina de recepción. Las bobinas pueden tener pequeñas diferencias dimensionales o golpes que las hayan deformado ligeramente.

A cada cambio de bobina, se tiene que vigilar, después de la arrancada y durante unos instantes, que el repartidor realiza los cambios iniciales correctamente. Durante el llenado se ha de vigilar regularmente la uniformidad del reparto del hilo, retocando los topes si fuese necesario.

Se acompaña una ayuda visual, Imagen 37, para identificar sin ningún tipo de duda, una bobina encarretada correctamente de otra que no lo está.

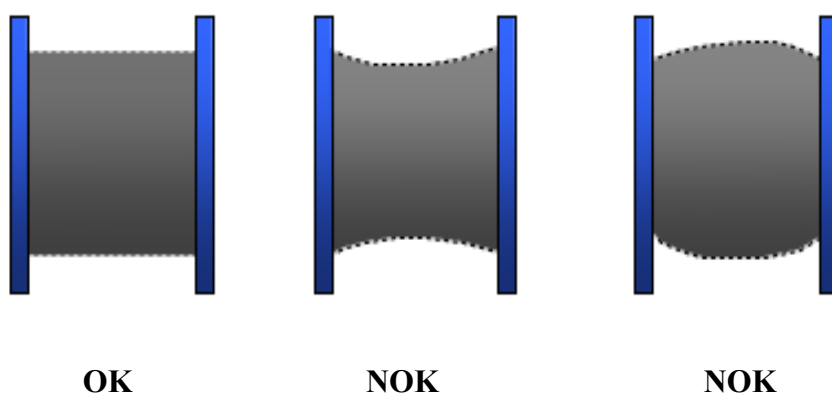
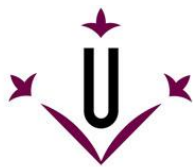


Imagen 37. Encarretado de las bobinas.



Velocidad de trabajo

En el proceso de bunchedo, la velocidad es un parámetro relevante para determinar la calidad de la cuerda. La velocidad de trabajo es el número de torsiones o pasos de cableado que realiza la máquina por unidad de tiempo. Por cada vuelta completa de las liras se realizan dos torsiones en el caso de bunchers de doble torsión.

Al aumentar la velocidad, también aumentan los rozamientos que sufre el hilo desde la salida del carrete de alimentación hasta la llegada al carrete de recogida. Cuando estos rozamientos superan un determinado valor, se produce el alargamiento o la rotura de alguno de los hilos que forman el grupo o la cuerda. Esto se traduce, normalmente, en un fallo en el siguiente proceso de cableado, o bien en el de extruido, o en una resistencia final del conductor superior a la prevista. Las velocidades nominales de trabajo vienen reflejadas en las instrucciones particulares de cada máquina.

Carga de trabajo

Producción estimada:

- Velocidad de trabajo: 260m/min.
- Capacidad de la bobina: 60.000m/bob.
- Tiempo de ciclo: 231min.
- Producción necesaria: 120.000m/día.
- 6 bobinas de entrada de 12x0,40mm: a 4min/bob., 24min.
- 1 bobinas de salida de Ø1250 de salida: a 7min/bob, 7min.
- 1 roturas: a 8min/rotura, 8min.
- Tiempo total ciclo: 270min/ciclo.

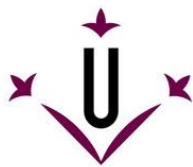
2.10. Anejo 10. Procedimiento de extrusión.

Objeto

Este procedimiento describe la operativa a seguir para el proceso de aplicación de materiales de recubrimiento por el método de extrusión en máquinas para termoplásticos, así como los equipos disponibles para la realización de estos procesos.

Descripción del proceso

El proceso de extrusión consiste en la aplicación, en continuo, de un recubrimiento polimérico. Este recubrimiento se aplica por bombeo del material, previamente calentado a una temperatura prefijada, sobre el elemento a recubrir. La máquina extrusora actúa



como una bomba que impulsa el material fundido en su interior por el cabezal, aplicándolo sobre el elemento entrante.

Por lo general, en el grupo aplicamos tres tipos de técnicas de recubrimiento:

- Mono capa. Aplicamos solo un recubrimiento que podemos colorear o no.
- Co-extrusión. Aplicamos dos o más capas de material con el mismo cabezal; esta técnica la podemos utilizar para colorear (skin), mejorar alguna prestación técnica, etc.
- Tándem. Aplicamos dos recubrimientos, pero no a la vez, sino en dos cabezales diferentes, pero el mismo proceso.

Según la fase en que se encuentre el proceso del cable, podemos diferenciar cinco tipos de extrusiones, a saber:

- Extrusión de aislamiento; aplicamos un recubrimiento con características eléctricas sobre el conductor.
- Extrusión de relleno; aplicamos un recubrimiento cuya función es llenar los intersticios que quedan entre los conductores. De esta forma cilindramos el cable y podemos extruir encima una cubierta a tubo.
- Extrusión de asiento; aplicamos un recubrimiento de características mecánicas antes de proceder a un armado; su función es de separación y protección del interior del cable.
- Extrusión de cubierta; aplicamos un recubrimiento cuyas características dependerán del entorno de trabajo del cable (presencia de agentes químicos, trabajo abrasivo, flexiones continuas, etc.) y es el último proceso que se le hace al cable antes de proceder a las pruebas finales y distribución.
- Extrusión de burletes; se extruye un cilindro de material para utilizarlo como relleno en los cables que lo requieran. En este caso, se usa un elemento central, sobre el que se realiza la extrusión, generalmente un hilo de acero de 0,6mm de diámetro.

Equipos

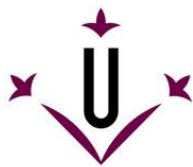
Una línea de extrusión se compone de los siguientes elementos principales:

Alimentador: Soporta la bobina de entrada y frena el cable entrante para mantener la tensión de la línea. Puede ser a “defilé” o a “derulé”. También puede ser simple o doble.

Tensor de entrada: Sirve para mantener el cable alineado y en tensión a través de la línea. Puede ser tipo cabrestante, oruga o equitensor de muelles.

Extrusora: Su misión es fundir el plástico y extruirlo a través de la hilera, recubriendo el cable entrante. En algunas líneas puede haber dos extrusoras trabajando en tándem o una o más máquinas principales y una auxiliar para la co-extrusión.

Bañera: Contiene el agua que enfría el recubrimiento plástico que sale de la extrusora. Puede tener reenvíos, para aumentar la longitud del cable sumergido, lo que permite que



el cable se enfríe durante más tiempo.

Elemento de tiro: Realiza el esfuerzo de tracción para mover el cable a una velocidad determinada. Puede ser de tipo oruga o cabrestante. Es importante asegurar que el elemento de tiro torsione ligeramente la cuerda o los conductores en el sentido del cableado, para evitar que los conductores o cableados se abran. Para asegurar este aspecto, solamente para conductores rígidos, el elemento de tiro puede llevar acoplado un dispositivo “torsionador” que hace que el conductor se cierre ligeramente en el sentido del cableado.

Bailarín: Es el elemento encargado de coordinar la velocidad lineal del estirador con la velocidad angular de recogida en la bobina situada en el recogedor. En algunas ocasiones el bailarín puede actuar como acumulador.

Acumulador: Cumple la función de acumular gran cantidad de cable en las maniobras de cambio de bobina, sin necesidad de bajar prácticamente la velocidad de la línea.

Recogedor: Soporta y hace girar la bobina de salida, encarretando el cable producido. Puede ser simple o doble en el caso de bobinas y también estático, cuando recogemos en bidones.

Además de los elementos principales, en una línea de extrusión hay otros equipos secundarios y de control. Una lista no exhaustiva de estos elementos es la siguiente: alimentadores de material, entalcadora, tolva gravimétrica, secador, impresora chorro de tinta, impresora de marcaje en caliente, spark-tester, controlador de Ø, detector de bultos, cuentametros, colorímetros volumétricos o gravimétricos, rodillos de guía, bancada para aplicación de fleje longitudinal, etc.

La descripción detallada de las características de cada extrusora se encuentra en las instrucciones de parámetros de líneas.

Útiles de extrusión

Husillos y camisas.

El elemento principal de la extrusora es el husillo. El husillo gira en el interior de la camisa impulsando el material hacia adelante. Al avanzar por el cuerpo de la extrusora el material es calentado (mediante resistencias) y comprimido (disminuyendo la distancia entre la base del husillo y la camisa o cerrando el paso del filete), fundiéndose en una masa semilíquida que sale por la punta de máquina.

El diseño del husillo es importante de cara a obtener un producto bien trabajado y en cantidad. Un husillo está dividido en tres zonas principales: alimentación, compresión y dosificación.

La zona de alimentación inicia el transporte del material en el interior del husillo, llevándolo a la zona de compresión que es donde se produce, principalmente, la plastificación del material. A continuación, pasa a la zona de dosificación que es la que mantiene un flujo estable hasta la entrada del cabezal. Se muestran las zonas explicadas en la Imagen 38.

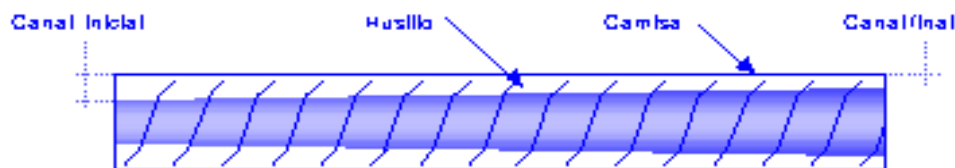


Imagen 38. Zonas husillo extrusora.

Mallas, plato rompedor.

El plato rompedor es un disco con múltiples agujeros a través del cual pasa el material fundido. Su función principal es homogeneizar el flujo del material, romper la inercia del giro transversal del material, pasándolo a flujo laminar y servir de soporte a las mallas filtrantes. En las instrucciones de parámetros línea se indica la geometría de los platos rompedores.

Es muy importante que no exista una distancia muy grande entre el plato rompedor y el husillo; una distancia muy grande, superior a 4-5 cm, puede provocar que el polímero no fluya correctamente, un sobrecalentamiento del material en el cono, así como pre-reticulaciones y retenciones en esta zona.

Como norma general, en los aislamientos se coloca siempre una malla metálica en el plato rompedor de la máquina, para aumentar la compresión y como filtro de posibles impurezas del material.

Los platos rompedores siempre deben tener los agujeros de paso del material achaflanados, tanto en la salida como en la entrada del material; esto evita la acumulación de residuos durante cualquier tipo de extrusión, ya que disminuye la superficie de contacto del material.

El tipo de plato rompedor y el tipo y cantidad de mallas que se han de montar se especifica en las instrucciones de parámetros de las líneas.

A determinadas extrusoras se les puede acoplar un intercambiador automático de mallas. Es un mecanismo que, aprovechando una parada de la extrusora, nos permite retirar el plato y la malla que se están utilizando y sustituirlos por un conjunto limpio que se encuentra en situación de espera. La operación dura apenas unos minutos y permite ahorrar el tiempo de cambio y limpieza manual del conjunto.

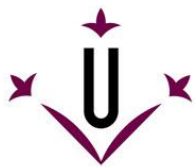
Cabezales y utillajes.

El cabezal es el elemento que canaliza el flujo de material plástico que proviene de las extrusoras, depositándolo encima del cable que entra por la parte posterior del mismo.

Normalmente se componen de los siguientes elementos: Cuerpo, distribuidor, puntas, hileras, roscas de sujeción y resistencias eléctricas con sus correspondientes sondas de control.

Los cabezales se acoplan a las extrusoras mediante los elementos de acople y los platos rompedores, específicos para cada máquina, que se ajustan a la boca de salida de la extrusora.

El correcto montaje y acoplamiento del cabezal a la extrusora es una operación delicada



y muy importante y si se hace de forma correcta, nos evitará pérdidas de material por los puntos de unión y contacto.

Los utillajes son los elementos que guían, centran el cable entrante en el cabezal y permiten depositar las capas necesarias de material plástico encima de aquel, en espesor, diámetro, centraje y configuración especificados.

En extrusión hay tres tipos de utillajes: las puntas o guías, los híbridos y las hileras. Sus funciones son

- Puntas, son la guía del cable dentro del cabezal de extrusión. Dependiendo del sistema de extrusión utilizado (tubo, presión, etc.) deben ajustarse más o menos al diámetro del cable entrante.
- Híbridos, Se utilizan en dobles y triples extrusiones y tienen una doble función, la de hilera marcando el Ø final de la primera capa extruida y la de guía a su vez.
- Hileras, marcan el Ø final de la capa extruida y su función es parecida a la de un molde trabajando en continuo.
- En la extrusión de aislamientos de cuerdas flexibles, así como en extrusión de cubiertas para cableados, se puede utilizar hilera de redondeo. Esta hilera está especificada en cada instrucción de parámetros de cada línea de extrusión.

Es muy importante el correcto uso y mantenimiento de todo el utillaje utilizado en extrusión, puesto que un utillaje en condiciones es fundamental para fabricar el cable de acuerdo al criterio de calidad establecido. Un utillaje inadecuado dará lugar, con toda seguridad, a un material no conforme. El control y mantenimiento de los utillajes se establece en la instrucción I42-Control de Utillajes de Extrusión. Los utillajes de aislamiento para cada línea se indican en las instrucciones de parámetros y los de relleno, asiento y cubierta en las hojas de fabricación.

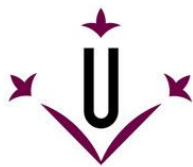
Temperaturas de extrusión

La temperatura de trabajo es un valor muy importante para poder conseguir el aspecto y las características mecánicas y eléctricas deseadas para el cable. Una variación en este parámetro puede resultar en una variación importante en las características finales del material.

En el interior de la máquina se han de dar las condiciones adecuadas de presión y temperatura para llevar el material a su máximo de características. Una temperatura de trabajo inferior a la necesaria dará como resultado un extruido correcto de aspecto, pero pobre a nivel de características mecánicas.

El perfil de temperaturas establecidas, en función del tipo de material a extruir y para cada máquina, se especifican en las instrucciones de parámetros de las líneas.

Estas temperaturas son de referencia, pudiéndose variar en ± 10 °C, bajo supervisión del encargado, para conseguir un aspecto óptimo del cable.



En el caso de variaciones de flujo de la máquina se permite bajar hasta 15 °C las temperaturas de las tres primeras zonas de la máquina. Con ello se pretende aumentar el empuje del husillo y disminuir este efecto del bombeo.

Si aparecen poros se puede minimizar el efecto bajando la temperatura de las dos zonas finales unos 10 °C para aumentar la presión en la parte final del tornillo y favorecer la disipación de los gases hacia la tolva, evitando así que salgan por el cabezal y aparezcan en la capa extruida.

Estos dos problemas típicos se solucionan también bajando la velocidad de las máquinas.

En la extrusión de PVC, para evitar la degradación del material en los paros de máquina superiores a 15 minutos, como norma general se bajarán todas las temperaturas del cuerpo de la máquina a 100 °C y a 120 °C las del cabezal e hilera. Las instrucciones de parámetros línea pueden indicar también las temperaturas de paro específicas.

Coloración del extruido

La coloración del cable se logra con la incorporación del master-batch en la proporción mínima suficiente para lograr el tono adecuado. No olvidemos que los colorantes son materiales extraños a la naturaleza del material extruido, y que tienden a contaminarlo. Además, son mucho más caros que el material base, con lo cual, al añadirlos, estamos encareciendo la mezcla. El ajuste del colorante se logra actuando sobre el potenciómetro del colorímetro del que disponen todas las máquinas.

La cantidad precisa de dosificación de los colorantes en las distintas líneas de extrusión se especifica en las instrucciones de parámetros de las líneas.

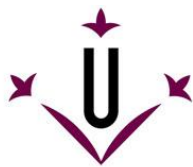
Aditivación

En nuestros procesos de extrusión tenemos habilitados sistemas para poder aditivar diferentes componentes en las mezclas plásticas con el objetivo de modificar, transformar y mejorar las propiedades intrínsecas de los materiales. Es lo que denominamos post-compounding.

La combinación de distintos materiales da lugar a variantes sobre las fórmulas base, que se especifican detalladamente en las HF.

Velocidad de trabajo

La velocidad de trabajo son las RPM del husillo de la máquina o del motor. En el proceso de extruido, la velocidad de trabajo es un parámetro relevante para determinar la calidad y el aspecto de cable. Hay materiales, como el PVC o el PLXLPE, que pueden ser procesados a velocidades muy variables sin cambios en sus características o aspecto.



Las velocidades nominales se especifican en las instrucciones de par3metros de las l3neas o en las HF. Estas velocidades pueden variarse puntualmente, bajo supervisi3n del encargado de producci3n.

Elementos de control

Las l3neas de extrusi3n disponen de una serie de elementos de control que permiten asegurar, en la medida de lo posible, que el cable extruido responde a los criterios de calidad exigidos. Estos elementos son los spark-tester, los controladores de di3metro, de espesor, detectores de bultos y cuenta-metros.

Los elementos de control que determinan la aceptaci3n o rechazo de un material fabricado en las l3neas de extrusi3n est3n sujetos al plan anual de calibraci3n. Los elementos que no determinan aceptaci3n o rechazo solo se validan.

Spark-tester.

Los spark-tester permiten detectar fallos en las capas extruidas sobre elementos met3licos (conductores, armaduras o pantallas). El aparato genera un campo el3ctrico a una tensi3n determinada que se “cierra” sobre el cable que pasa en el momento en que un fallo de la extrusi3n deja el metal descubierto dando una se3al de alarma.

Los procesos en los cuales hay que utilizar el spark-tester, la colocaci3n y la tensi3n de trabajo, se especifican en las instrucciones de par3metros de las l3neas.

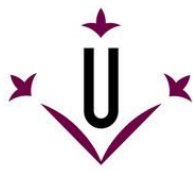
En el caso de asientos o cubiertas de unipolares sin recubrimiento met3lico, el ensayo de tensi3n de rutina se realiza en el propio proceso de extrusi3n. En este caso las tensiones a aplicar ser3n las que se indican en las tablas de las instrucciones de par3metros de las l3neas (diferenciadas en funci3n del tipo de s-t). S3lo se considera el espesor de aislamiento.

Es muy importante que el cable pase centrado y por la parte baja del spark-tester y las cadenas cubran todo su per3metro. De lo contrario, una perforaci3n puede pasar sin entrar en contacto con el campo de detecci3n y el aparato no indicar fallo.

Controladores de di3metro.

El principio de funcionamiento de los controladores de di3metro se basa en un haz de luz, generalmente l3ser o luz fluorescente, que se proyecta a trav3s de un visor que es atravesado por el cable que pasa. La sombra que provoca el cable es “le3da” por el aparato, midiendo as3 el di3metro.

Estos aparatos regulan la velocidad de la extrusora para que el di3metro del cable extruido se ajuste al di3metro de referencia. Como control adicional tienen una alarma que se dispara cuando el di3metro medido est3 fuera de los valores de tolerancia prefijados.



El regulador debe trabajar en modo manual, sólo como lector, mientras el operario está ajustando el diámetro del cable, pasándose a modo automático cuando éste haya sido alcanzado. Una vez la máquina está en marcha, con el regulador conectado y a velocidad de crucero, se recomienda modificar la velocidad de la máquina actuando solamente sobre el potenciómetro máster, de forma lenta.

La tolerancia de trabajo del regulador se especifica en la instrucción de parámetros de las líneas.

Detectores de bultos.

Los detectores de bultos funcionan de la misma manera que los reguladores de diámetro: por un haz de luz proyectada y midiendo la sombra que el cable provoca.

Estos aparatos detectan irregularidades puntuales del cable que, por su corta duración, pueden no ser detectados por los controladores de diámetro (un valor puntualmente fuera de tolerancia, al ser promediado con otros correctos, puede dar un valor dentro de la tolerancia fijada).

La tolerancia de trabajo del detector debe colocarse se especifica en las instrucciones de parámetros de las líneas.

Cuenta-metros mecánicos.

Mecanismo formado por dos poleas de nylon, a veces con recubrimiento de poliuretano, o de aluminio con la superficie moleteada para darle adherencia, de desarrollo 500 mm cada una, unidas por un mecanismo de transmisión y por en medio de las cuales pasa el cable. Se añade un captador de señal para dar salida metro a metro para la impresión.

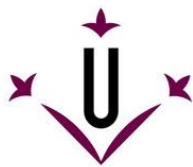
El giro de las poleas va engranado a su vez con un cuenta-metros analógico que nos indica los metros fabricados.

Para asegurar una buena lectura, es muy importante que el cable siempre pase por el centro geométrico de las dos poleas y estas siempre tengan un buen contacto.

Devanado y encarretado del cable

El devanado del cable y su recogida deben controlarse para asegurar que las tensiones que aplicamos sobre el cable no sean excesivas, que la bobina va demasiado floja y tiende a “cabecear” o que el encarretado no va a dar problemas en el siguiente proceso.

El control de devanado se realizará de forma manual, en base a la experiencia del colaborador de línea y del encargado.



Es importante asegurarse de que las bobinas que se utilizan para recoger el cable estén en buenas condiciones de uso. Para ello se ha de comprobar que las valonas no estén golpeadas o torcidas y que por la parte interna no tengan aristas, clavos o rebabas que puedan dañar el producto. El tratamiento de las bobinas y su manipulación se definen en el procedimiento P35-Manipulación.

El encarretado del cable sobre las bobinas de recepción es de suma importancia para asegurar el correcto funcionamiento de las bobinas en los procesos posteriores o de cara a la presentación del cable a los clientes finales.

El cable debe llenar uniformemente todo el ancho útil de la bobina. Con el método descrito en este capítulo se pretende evitar que unas vueltas se monten sobre las otras, especialmente en las alas de las bobinas.

Cada recogedor dispone de topes que regulan el recorrido del repartidor. Estos topes se han de regular de modo que el cable quede bien repartido entre las valonas de la bobina de recepción.

A cada cambio de bobina, se tiene que vigilar, después de la arrancada, que el repartidor realiza los cambios iniciales correctamente. Durante el llenado se ha de vigilar regularmente la uniformidad del reparto del hilo, retocando los topes si fuese necesario.

El paso del guía hilos tendrá que ser el justo para peinar vuelta a vuelta cables de gran diámetro y muy largo para cables de muy poco diámetro o rígidos.

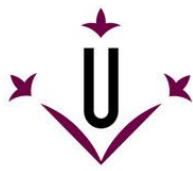
Un buen “peinado” (encarretado con las espiras colocadas uniformemente lado a lado) es especialmente importante en el caso de cables de diámetros grandes, pues el peso de las capas superiores puede llegar a chafar considerablemente el material. En este caso se vigilará de forma especial que no se produzcan “cruzadas”.

Se acompaña una ayuda visual para identificar, sin ningún tipo de duda, una bobina encarretada correctamente de otra que no lo está.

La tensión de encarretado es también importante. Si el cable extruido debe pasar a cableado en una máquina tipo planetaria o rígida, si no hemos encarretado con un mínimo de tensión vamos a tener problemas en el siguiente proceso. Las vueltas se pueden cruzar y obligar a parar el cableado para trascarar la bobina encarretándola bien. La parametrización de las distintas líneas de extrusión para asegurar una tensión de encarretado adecuada se especifica en las instrucciones de parámetros de las líneas.

Identificación de las bobinas

Cada bobina debe ir acompañada de una etiqueta informática que, junto con la matrícula de la bobina, la identifica completamente. Los datos que aparecen en la etiqueta son los siguientes



- Orden de f3brica en el caso de una bobina de semi-elaborado.
- Cable (c3digo del producto que aparece en la H.F.).
- C3digo de barras, si procede.
- Metros.
- Operario.
- Fecha.
- Observaciones.
- N3 pedido, si es tirada para un cliente.
- N3 de bobina.

En el caso de que se trate de un producto no conforme se identifica con una etiqueta que indique que es un producto No Conforme y se trata de acuerdo con lo definido en el procedimiento P34-Control de productos no conformes.

Todas las informaciones referentes a una programaci3n, as3 como los impresos de seguimiento de la producci3n se cumplimentar3n seg3n establece el procedimiento P33-Control H.F. en curso.

Carga de trabajo

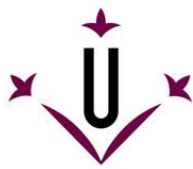
Producci3n estimada:

- Velocidad de trabajo a r3gimen: 110m/min.
- Capacidad bobina: 20.000m/bob.
- Tiempo de ciclo: 182min/bob.
- 1 bobinas de entrada de Ø1250: a 7min/bob., 8min.
- 1 bobinas de salida de Ø1800 de salida: a 5min/bob, 5min.
- Tiempo total ciclo: 195min/ciclo.

2.11. Anejo 11. Procedimiento de empaquetado.

Objeto

Este procedimiento define la operativa a seguir en el proceso de empaquetado de los cables, ya sea en rollos, mini-rollos, cajas, bidones, reels, bobinas de cable precortado o blisters, as3 como los equipos disponibles para la realizaci3n de estos procesos.



Descripción del proceso

El proceso de empaquetado consiste en pasar el cable desde las bobinas donde se recogió durante el proceso de extrusión a rollos, cajas, bidones, reels, blisters o bobinas de cable precortado.

En cajas se empaquetan de forma habitual, cables de los tipos H05V-K, H07V-K, ES05Z1-K y H07Z1-K, de secciones comprendidas entre 0,75 y 6 mm² de una amplia gama de colores.

En bidones se empaquetan de forma habitual, cables de los tipos H05V-K, H07V-K, ES05Z1-K, H07Z1-K, H05V2-K y H07V2-K de secciones comprendidas entre 0,5 mm² y 16 mm² de una amplia gama de colores.

Se pasan a rollos los cables unipolares H07V-U/R/K y H07Z1-K de secciones superiores a 6 y hasta 35 mm² inclusive, cables manguera de los tipos RV-K, RZ1-K, H07RN-F y especiales tipo Z1Z1-U, Z1FZ1-U de secciones comprendidas entre 0,75 y 6 mm².

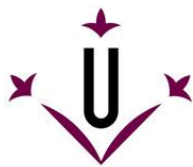
Se pasan a bobinas precortadas parte de la gama de cables H05VV-F, RV-K, RZ1-K, H07RN-F, R2V, Z1Z1-U y Z1FZ1-U, desde 1 a 16 mm² de sección. Este formato de presentación permite entregar longitudes considerables de cable en un embalaje práctico y fácil de manejar que no requiere manipulación posterior por parte de almacén. Se utilizan bobinas de madera de Øs 400 mm, 500 mm, 520 mm, 600 mm, 630 mm, 800 mm y 1.100 mm, así como bobinas de plástico de Øs 400 y 600 mm para, pe, cables Z1Z1-U.

En formato reel se empaquetan los siguientes cables: H05V-K, H07V-K, ES05Z1-K, H07Z1-K, H05V2-K y H07V2-K de secciones comprendidas entre 0,5 mm² y 16 mm² de una amplia gama de colores.

La calidad, siendo siempre un factor importantísimo en nuestra empresa, lo es más en este proceso dado que el producto que en él se manipula va directamente a manos de nuestros clientes. Esto quiere decir que el aspecto, color, acabado, marcaje, etiquetado, envasado y embalaje han de ser controlados permanentemente. En caso de encontrarse cualquier anomalía se abrirá un proceso de no conformidad, tal como indica el procedimiento P34-Productos No Conformes.

Los controles a realizar durante este proceso vienen especificados en el Plan de Control de Calidad en Proceso. Dichos controles garantizan la calidad del producto que se fabrica en cada momento y en ellos se refleja el método del control, el responsable, la frecuencia, las muestras, la reacción y el registro.

La parametrización de detalle de cada línea se indica en las instrucciones particulares de cada máquina.



Equipos

Máquinas de rollos. Líneas equipadas con donadores a deroulé de bobinas hasta 2 m de diámetro, acumuladores, flejadoras, hornos de retractilado y paletizadores automáticos.

Integridad eléctrica

En el empaquetado de los cables unipolares es obligatorio el uso de los spark-tester de que disponen las líneas. Al detectar el fallo, se para la línea. Se deberá entonces localizar visualmente el fallo, eliminarlo y reiniciar el proceso. La parametrización de los spark-testers se detalla en las instrucciones particulares de cada máquina.

En las máquinas de mini-rollos, así como en una de las máquinas de reels y cajas, al detectar un defecto de aislamiento, la máquina para el proceso del rollo, asegurando que el defecto queda dentro del rollo que se está procesando y la propia máquina desecha el rollo fuera de línea para que este no sea terminado.

Identificación

Los productos fabricados han de estar perfectamente identificados. Los datos que han de aparecer en las etiquetas son:

Códigos de los cables, fecha de fabricación, números de trazabilidad, normas, marca comercial, longitud, nº de pedido si procede y códigos de barras o código QR.

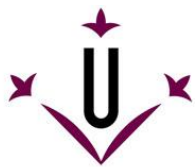
En la sección se dispone de varias etiquetadoras con las que se pueden imprimir los diferentes formatos de etiquetas utilizados.

En el caso de que se trate de un producto no conforme se identifica con una etiqueta específica y se trata de acuerdo con lo definido en el procedimiento P34-Control de productos no conformes.

Todas las informaciones referentes a una programación, así como los impresos de seguimiento de la producción se cumplimentarán según establece el procedimiento P33-Control H.F. en curso.

En el empaquetado de mini-rollos se tendrá en cuenta el formato de las etiquetas, que podrá ser circular, de media luna, de anillo o rectangular. También se identifica la familia del mini-rollo mediante el color de la etiqueta, principalmente en las de formato de anillo. El tipo de etiqueta a utilizar vendrá indicado en la HF correspondiente.

Como método de auto-control para asegurar que se coloca la etiqueta correspondiente a cada programación, el responsable de proceso, al empezar el empaquetado de una



fabricación, dejará pegada una etiqueta del rollo y una de la caja, una vez configurada, para el dossier en cuestión; se colocará en el frontal del formato FP7.

En mini-rollos, el código de barras de la etiqueta impresa deberá coincidir con el código de barras que aparece en la HF.

En el caso de cables que dispongan de certificación UL, como son los cables H05V2-K y H07V2-K, deberá incluirse en el reel, las etiquetas UL correspondientes a la longitud total del reel.

Encarretado del cable

El devanado del cable y su recogida deben controlarse para asegurar que las tensiones que aplicamos sobre el cable no sean excesivas, que la bobina va demasiado floja y tiende a “cabecear” o que el encarretado no va a dar problemas en el siguiente proceso.

El control de devanado se realizará de forma manual, en base a la experiencia del colaborador de línea y del encargado.

Es importante asegurarse de que las bobinas que se utilizan para recoger el cable estén en buenas condiciones de uso. Para ello se ha de comprobar que las valonas no estén golpeadas o torcidas y que por la parte interna no tengan aristas, clavos o rebabas que puedan dañar el producto. El tratamiento de las bobinas y su manipulación se definen en el procedimiento P35-Manipulación.

El encarretado del cable sobre las bobinas de recepción es de suma importancia para asegurar la correcta presentación del cable a los clientes finales.

El cable debe llenar uniformemente todo el ancho útil de la bobina. Con el método descrito en este capítulo se pretende evitar que unas vueltas se monten sobre las otras, especialmente en las alas de las bobinas.

Cada recogedor dispone de topes que regulan el recorrido del repartidor. Estos topes se han de regular de modo que el cable quede bien repartido entre las valonas de la bobina de recepción.

A cada cambio de bobina, se tiene que vigilar, después de la arrancada, que el repartidor realiza los cambios iniciales correctamente. Durante el llenado se ha de vigilar regularmente la uniformidad del reparto del hilo, retocando los topes si fuese necesario.

El paso del guía hilos tendrá que ser el justo para peinar vuelta a vuelta cables de gran diámetro y muy largo para cables de muy poco diámetro o rígidos.

Un buen “peinado” (encarretado con las espiras colocadas uniformemente lado a lado) es especialmente importante en el caso de cables de diámetros grandes, pues el peso de las



capas superiores puede llegar a chafar considerablemente el material. En este caso se vigilará de forma especial que no se produzcan “cruzadas”.

Se acompaña una ayuda visual para identificar, sin ningún tipo de duda, una bobina encarretada correctamente de otra que no lo está.

Carga de trabajo

Producción estimada:

- Velocidad de trabajo: 90m/min.
- Capacidad palet: 20.000m.
- Tiempo de ciclo: 218min/palet.
- 1 bobinas de entrada de Ø1800: a 8min/bob., 8min.
- Tiempo total ciclo: 226min/ciclo.